

Spezifisches Krafttraining zur Steigerung der Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und Langstreckenläufer

Ein Literaturreview

Halbeck, Natascha
15-558-521

Schultze, Sara
15-559-065

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2015

Eingereicht am: 26.04.2018

Begleitende Lehrperson: Pierrette Baschung

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Abstrakt

Hintergrund

Neben dem Lauftraining gezielt die Kraft zu trainieren, bietet für Langstreckenläuferinnen und -läufer eine gute Möglichkeit um die Laufleistung zu steigern. Ein herkömmliches Krafttraining führt jedoch zu einem gesteigerten Muskelvolumen und würde sich folglich negativ auf die Laufleistung auswirken. Ein Explosivkraft- oder Plyometrietaining könnte durch die verbesserten neuromuskulären Eigenschaften und erhöhte Muskel-Sehnen-Steifigkeit eine bessere Laufleistung unterstützen.

Ziel

Das Ziel des vorliegenden, systematischen Reviews ist es, den Effekt von Explosivkraft- und Plyometrietaining auf die Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufer zu analysieren.

Methode

Die systematische Literaturrecherche in den Datenbanken PubMed, Medline, Amed und CINAHL ergab vier Treffer.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass ein gezieltes Plyometrietaining die Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufer verbessern kann. Das Explosivkrafttraining erwies sich als weniger effektiv als ein Plyometrietaining.

Schlussfolgerung

Der positive Effekt eines Plyometrietrainings ist unter anderem auf die neuralen Anpassungen, verbesserte Kraftentwicklung, bessere Lauftechnik, Erhöhung der Muskelsteifigkeit und kürzerer Bodenkontaktzeit zurückzuführen. Folglich kann ein derartiges Training für Langstreckenläuferinnen und -läufer empfohlen werden. Es zeigte sich, dass vor allem Eliteläuferinnen und -läufer mit initial guter Laufökonomie das höchste Potential zur Steigerung der Sprungkraft aufweisen.

Keywords

Plyometric, plyometric training, running, explosive strength, running economy

Abstract

Background

To train specifically strength besides the running training is a good option for long-distance runners to improve running performance. Conventional strength training leads to an increased muscle volume and would therefore affect the running performance negatively. An explosive strength- or plyometric training could support a better running performance by improved neuromuscular characteristics and increased muscle-tendon-stiffness.

Aim

The aim of this systematic review is to analyse the effect of explosive strength- and plyometric training on the running performance of long distance runners.

Methods

The systematic literature research in the databases PubMed, Medline, Amed and CINHAL found four targeted studies.

Results

The results demonstrate that specific plyometric training can improve running performance in long-distance runners. Explosive strength training proved to be less effective than plyometric training.

Conclusion

The positive effect of plyometric training can be explained by neuromuscular adaptations, improved strength development, better running technique, increased muscle stiffness and shorter ground contact time. Therefore this training is recommended for highly trained-long distance runners. It has been shown, that especially highly trained long-distance runners with initially good running economy had the highest potential to increase explosive strength.

Keywords

Plyometric, plyometric training, running, explosive strength, running economy

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Einführung in die Thematik	1
1.2 Definition der Laufleistung	1
1.3 Aktuelle Problematik	2
1.4 Beeinflussung der Laufleistung	3
1.5 Zielsetzung	4
1.6 Fragestellung	5
1.7 Berufsspezifische Relevanz	5
2. Methode	7
2.1 Vorgehen bei der Literaturrecherche	7
2.2 Auswahlkriterien	7
2.3 Keywords	8
2.4 Suchstrategien	9
2.5 Suchverlauf	10
2.6 Auswahl der Studien	14
2.7 Beurteilung der Qualität der Studien	14
2.8 Studien zusammenfassen und würdigen	14
3. Theoretischer Hintergrund	17
3.1 Aufbauzyklus Krafttraining	17
3.2 Verschiedene Arten der Muskelarbeit	19
3.3 Typen von Muskelfasern	20
3.4 Inter- und intramuskuläre Koordination	22
3.5. Explosivkraft	23
3.5.1 Grundlagen Explosivkraft	23
3.5.2 Beispielübungen Explosivkraft	24
3.6 Plyometrietaining	25
3.6.1 Grundlagen des Plyometrietrainings	26
3.6.2 Voraussetzungen für ein Plyometrietaining	30
3.6.3 Beispielübungen für Plyometrietaining	31
4. Resultate	35
4.1 Selektionsprozess	35

4.2 Studienübersicht.....	36
4.3 Studienzusammenfassung und Würdigung	38
4.3.1 Zusammenfassung der Studie von Pellegrino et al. (2015).....	38
4.3.2 Würdigung der Studie von Pellegrino et al. (2015).....	40
4.3.3 Zusammenfassung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)	42
4.3.4 Würdigung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)	44
4.3.5 Zusammenfassung der Studie von Berryman et al. (2010).....	45
4.3.6 Würdigung der Studie von Berryman et al. (2010)	47
4.3.7 Zusammenfassung der Studie von Saunders et al. (2006)	48
4.3.8 Würdigung der Studie von Saunders et al. (2006)	50
4.4 Übersicht Outcomes	52
5. Diskussion.....	55
5.1 Studienvergleich	55
5.1.1 PEDro-skala	55
5.1.2 Charakteristikum der Stichproben	56
5.1.3 Intervention	59
5.1.4 Trainingsinhalt	59
5.1.5 Messmethoden	60
5.1.6 Reproduzierbarkeit	61
5.1.7 Datenanalyse.....	62
5.1.8 Resultate	62
5.1.9 Limitationen	65
5.2 Beantwortung der Fragestellung und Hypothesen.....	66
5.3 Limitationen dieser Arbeit.....	67
6. Schlussfolgerung	69
7. Praxistransfer.....	71
Literaturverzeichnis.....	73
Abbildungsverzeichnis	78
Tabellenverzeichnis.....	79
Abkürzungsverzeichnis	82
Glossar	84

Deklaration der Wortzahl	89
Danksagung	89
Eigenständigkeitserklärung.....	89
Anhang: Suchverlauf mit Suchergebnissen	90
Anhang: PEDro-skala	95
Anhang: AICA Leitfragen	101
Anhang: Zusammenfassung	103
Anhang: Würdigung	124
Anhang: Intervention Spurrs et al. (2003)	139

1. Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Joggen gilt in der Schweiz als eine sehr beliebte Freizeitbeschäftigung. Laut Observatorium Sport und Bewegung Schweiz (Lamprecht et al., 2014) wurde 2014 das Jogging beziehungsweise Laufen von 23% der schweizerischen Bevölkerung als beliebteste Sportart deklariert. Der Laufsport konnte sich dank der gesellschaftlichen Akzeptanz, der Relevanz von Bewegung und Sport für die Gesundheit, in einer breiten Bevölkerungsschicht etablieren. Obwohl das Laufen als Individualsport bezeichnet wird, bringt er wesentliche soziale Aspekte mit sich. Rund um das Training werden soziale Beziehungen geknüpft und es entsteht ein Wir-Gefühl. Viele laufen in einer Gruppe, mit Freunden, Partnerin und Partner oder der Familie. So konnten Lamprecht et al. (2014) das Zusammensein mit guten Kolleginnen und Kollegen als Motivation um Sport zu treiben, bei 70% der Befragten feststellen. Zudem lässt sich festhalten, dass der Laufsport bei einer Befragung der schweizerischen Bevölkerung 2008 insgesamt rund 52.1 Millionen Stunden pro Jahr ausgeübt worden ist. Jogging und Laufen ist 2008 auf Platz fünf der am häufigsten durchgeführten Sportarten in der Schweiz (Lamprecht et al., 2014).

1.2 Definition der Laufleistung

Die Laufleistung im Langstreckenlauf wird durch die folgenden Faktoren bestimmt: Die maximale Sauerstoffkapazität (VO_{2max}), die Laufökonomie und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle (Basset & Howley, 2000). Der VO_{2max} beschreibt die maximale Menge an Sauerstoff, welche pro Minute unter Belastung aufgenommen, transportiert und verwendet werden kann. Eine erfolgreiche Ausdauerleistung wird in der Literatur mit einem erhöhten VO_{2max} -Wert assoziiert (Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). Die Laufökonomie wird durch den Energiebedarf der sporttreibenden Person bei einer gleichbleibenden Geschwindigkeit im submaximalen Bereich definiert. Ein ökonomischer Laufstil verbraucht bei gleicher Geschwindigkeit weniger Energie und bedingt daher eine

gesteigerte Laufleistung (Nummela, Keränen & Mikkelsen, 2007). Die anaerobe Schwelle wird als Übergang von der aeroben zur aerob-anaeroben Phase bezeichnet. Dies sind unterschiedliche Zustände der Energiebereitstellung (Glossar). Durch Training lässt sich die anaerobe Schwelle verschieben, sodass sie einen massgeblichen Einfluss auf die Laufleistung hat. Kurze, intensive Belastungen wie Sprints finden hauptsächlich mit der anaeroben Energiebereitstellung statt. Auch zyklische Disziplinen mit einer Dauer von 30 - 40 min stehen teilweise noch unter dem Einfluss der anaeroben Energiebereitstellung, wobei die aerobe Energiebereitstellung stetig zunimmt. Belastungen die länger als 30 - 40 min andauern, werden wiederum deutlich mit der aeroben Energiebereitstellung ermöglicht (Bant, Haas, Ophey & Steverding, 2011).

1.3 Aktuelle Problematik

Eine Steigerung der Laufleistung ist ein naheliegendes Ziel von Langstreckenläuferinnen und -läufer. Mit diesem Ziel im Fokus kann es schnell zu Trainingsfehlern, wie beispielsweise übermässige Laufkilometer, ein schneller Wechsel der Intensität und einen plötzlichen Anstieg der Laufstrecke kommen (Nielsen, 2014). Dies kann zu Überlastungsverletzungen führen. Laufbedingte Verletzungen sind besonders bei Anfängerinnen und Anfänger des Laufsports häufig. Wen et al. (1996) erwähnt, dass die jährliche Verletzungsrate beim Laufsport 37-56% aller Läuferinnen und Läufer betrifft. Wen et al. (1996) untersuchten zusätzliche Faktoren, welche die Verletzungsgefahr massgeblich beeinflussen. Einerseits werden erhöhte Laufkilometer und vorgängige Verletzungen eindeutig anerkannt, andererseits bleibt der Einfluss von anatomischen Fehlstellungen auf die Verletzungsgefahr unklar. Dennoch lässt sich festhalten, dass diese Faktoren durch Trainingsfehler zu Überlastungen und Schmerzen und somit zu einem Leistungseinbruch führen können. Für die Athletinnen und Athleten ist es von grosser Bedeutung effiziente Trainingsarten für die Steigerung der Laufleistung zu kennen und anzuwenden. Das reine Ausdauertraining kann womöglich durch ein gezieltes Krafttraining ergänzt werden. Es stellt sich die Frage welches Krafttraining gezielt für Langstreckenläuferinnen und -läufer einen Nutzen darstellt. Mayer et al. (2001) erachten ein begleitetes funktionelles Krafttraining als sinnvoll und wichtig, um

verletzungsbedingte Laufpausen mit zwangsläufiger Leistungsminderung zu vermeiden.

1.4 Beeinflussung der Laufleistung

Jegliche verletzungsbedingte Laufpause wirkt sich negativ auf die Laufleistung aus und hat somit einen indirekten Einfluss auf die Laufleistung. Diese Arbeit analysiert den direkten Einfluss von einem funktionellen Krafttraining auf die Laufleistung. In den letzten Jahren befassten sich diverse Studien mit diesem Thema. Skovgaard et al. (2014) untersuchten die Kompatibilität von Ausdauer- und Krafttraining bei durchschnittlich trainierten Läuferinnen und Läufer. Sie konnten aufzeigen, dass sich bei den Probandinnen und Probanden die Laufzeit, Laufökonomie sowie die dynamische Muskelkraft verbesserte. Auch Jaeger (2012) befasste sich in seiner Magisterarbeit mit dem Thema Krafttraining für Läuferinnen und Läufer und konnte in seinem Resümee das Explosivkraft- und das Plyometrietaining als erfolgsversprechend hervorheben. Sperlich, Engel und Zinner (2015) beschäftigten sich mit dem Effekt von unterschiedlichen Trainingsinterventionen auf die Laufökonomie. Sie zeigten auf, dass durch ein ergänzendes Krafttraining (Maximalkraft-, Plyometrie- und Explosivkrafttraining) zum herkömmlichen Lauftraining, positive Auswirkungen auf die Laufleistung entstanden. Durch die vorliegenden Studien kann jedoch noch nicht abschliessend geklärt werden, welche spezifische Art von Krafttraining sich für Langstreckenläuferinnen und -läufer am ehesten eignet. Dies setzt ein differenziertes Wissen über die unterschiedlichen Kraftarten voraus. Die unterschiedlichen Sportarten stellen unterschiedliche Anforderungen an die Muskulatur, weshalb diese auch zielgerichtet und sportartenspezifisch trainiert werden sollte (Hottenrott & Neumann, 2010). So sollte ein läuferspezifisches Krafttraining einen expliziten Transfer zur Zielbewegung zulassen (Marquardt et al., 2012). Für den Laufbereich spezifische Kraftarten sind die Reaktiv-, Schnell- und Explosivkraft, wobei die beiden letzteren häufig als Synonyme verwendet werden. In dieser Arbeit soll der Fokus auf dem Plyometrie- sowie Explosivkrafttraining liegen. Dadurch wird vor allem das schnelle, explosive und maximale Krafterzeugen innert kürzester Zeit trainiert. Dabei liegt der Fokus darauf herauszufinden, inwiefern dieses Krafttraining einen Effekt auf die

Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufern hat. Mit der Reaktivkraft wird mittels Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) Kraft erzeugt. Durch die Kombination von exzentrischer und anschließender konzentrischer Muskelspannung kann eine erhöhte Schnellkraftleistung erzeugt werden. Das Training der Reaktivkraft wird unter anderem auch Plyometrietaining genannt (Hottenrott & Neumann, 2010). Durch die starke Belastung während diesem Training kann die Muskel-Sehnen-Steifigkeit erhöht werden. Diese Anpassung ermöglicht es der Sehne mehr Energie während dem DVZ zu speichern und in der konzentrischen Phase abzugeben, was folglich zu einer Krafterhöhung führt und letztlich die Laufleistung steigert (Leister, 2014). Zusätzlich können durch ein Explosivkraft- und Plyometrietaining die neuromuskulären Eigenschaften verbessert werden, wodurch die Arbeitsweise der Muskulatur effizienter wird und sich folglich die Laufleistung steigert (Schnabel, Harre und Krug, 2008). Marquardt et al. (2012, S.175) betonen den Effekt von Plyometrie mit der Aussage: „Reaktivkraft als Komponente der Schnellkraft verbessert die Impulsgeneration des Läufers innerhalb des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus.“ Eine verbesserte Impulsgeneration des DVZ generiert eine kürzere Bodenkontaktzeit beim Laufen, was zu einem effizienteren und flüssigeren Laufstil führt. Weiterhin leitet ein verbesserter DVZ zur verbesserten Sprung- beziehungsweise Explosivkraft. Auch dies fördert die Laufleistung, da es sich beim Laufen um ein Aneinanderreihen von Sprüngen handelt. Marquardt et al. (2012) erwähnen die Vorteile eines Laufkrafttrainings folgendermassen: Steigerung der Laufökonomie, Sparen von Laufkilometern beziehungsweise „toten Umfangskilometern“ und Abwechslung im Trainingsalltag.

1.5 Zielsetzung

Mit dieser Arbeit soll die Wirkung von einem spezifischen Krafttraining auf die Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufer analysiert werden. Die aktuelle Studienlage lässt die Hypothese zu, dass ein läuferspezifisches Krafttraining, welches in dieser Arbeit durch ein Explosivkraft- und Plyometrietaining definiert wird, die Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufer positiv beeinflusst.

1.6 Fragestellung

Kann ein Explosivkrafttraining und/oder ein Plyometrietaining bei Langstreckenläuferinnen und -läufer die Laufleistung steigern?

1.7 Berufsspezifische Relevanz

Bei Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern hat das Krafttraining in der Regel einen festen Platz im Trainingsplan. Durch das geleitete Training von fachmännischen Instruktoren und Instruktoren wird ihnen die aktuelle Trainingswissenschaft nähergebracht. Bei Breitensportlerinnen und Breitensportlern fehlt häufig die Auseinandersetzung mit der Thematik der Trainingslehre. Das nötige Fachwissen für die Gestaltung eines Trainingsplans ist nicht immer vorhanden.

Umfänge werden drastisch erhöht oder es werden sich zu ambitionierte Laufziele gesetzt. Neben den zum Teil sehr vielen absolvierten Trainingskilometern, wird vor allem im Breitensport, allzu oft auf das begleitende Krafttraining verzichtet.

Mangelndes Verständnis bezüglich der Relevanz von einem derartigen Krafttraining mindert die Motivation einer regelmässigen Durchführung. An diesem Punkt kommt die Physiotherapie ins Spiel. Eine ausführliche Patientenedukation in Bezug auf ein begleitendes Krafttraining vermittelt der Läuferin und dem Läufer ein besseres Verständnis der Relevanz eines derartigen Trainings und steigert deren Motivation. Häufig ist das physiotherapeutische Fachpersonal, welches aufgrund einer Verletzung aufgesucht wird, die erste fachmännische Person, welche Lücken und Fehler im Trainingsplan aufdecken kann. Gleichzeitig bietet sich die Gelegenheit, der Sportlerin und dem Sportler den möglichen leistungssteigernden Effekt von Krafttraining näherzubringen und zur Aufnahme in den Trainingsplan zu motivieren.

2. Methode

2.1 Vorgehen bei der Literaturrecherche

Nach ausführlichem Brainstorming wurde ein Thema gewählt und eingegrenzt. Um eine sinnvolle Literaturrecherche zu gewährleisten, wurden die Ein- und Ausschlusskriterien (Tabelle 1) definiert, sowie passende Keywords (Tabelle 2) gesucht. Die Suchstrategien mit den spezifischen Verknüpfungen der Keywords sind in Tabelle 3 aufgelistet. Anschliessend konnte auf den Datenbanken PubMed, Medline, AMED und CINAHL nach passenden Studien gesucht werden. Der Suchverlauf wird in den Tabellen 4 bis 11 genauer veranschaulicht.

2.2 Auswahlkriterien

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien (Natascha Halbeck, 2017)

	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Population	<ul style="list-style-type: none">- Mittel- und Langstreckenläufer/-innen (ab 800m bis Ultramarathon)- Leistungs- und Breitensportler/-innen- Erwachsene Männer und Frauen	<ul style="list-style-type: none">• Sprinter/-innen• Kurzstreckenläufer/-innen• Kinder und Jugendliche unter 18-jährig• Andere Sportarten (Bsp. Fussball, Handball, Rugby, Ski, Velo, Basketball)• Interventionsdauer kürzer als 6 Wochen
Intervention	<ul style="list-style-type: none">• Explosivkraft-, Schnellkraft- und Plyometrietaining• Randomisierte kontrollierte Studien (RCT)• Studien zwischen 2006 und	<ul style="list-style-type: none">• Anderes Studienformat als RCT oder Reviews• Studien älter als 2006• Andere Sprachen als Deutsch und Englisch

2017

Kontrollgruppe

- Kontrollgruppe absolviert Lauftraining

Outcome

- Analyse der Laufleistung:
z.B. Ausdauerfähigkeit
(Laufzeit für eine bestimmte Strecke, VO_{2max} , Laktatstufentest, Laufökonomie),
diverse Kraftparameter
(Counter-Movement-Jump Test zur Messung der Kraftspitze, Drop-Jump Höhe)
Körperzusammensetzung
(Körpermasse, BMI)

2.3 Keywords

Tabelle 2: Keywords (Natascha Halbeck, 2017)

Keywords English	Keywords Deutsch	MeSH-Terms
plyometric	Plyometrie	plyometric exercise
plyometric training	Plyometrietraining	plyometric exercise
running	Laufen, Joggen	running, jogging
explosive strength	Explosivkraft	-
running economy	Laufökonomie	-
long-distance running	Langstreckenlauf	-
middle-distance running	Mittelstreckenlauf	-
ultra-endurance athlete	Ultraausdauerathlet/in	-
trained runners	Trainierte Läufer/innen	athletic performance
recreational runner	Freizeitläufer/in	-
competitive runner	Wettkampfläufer/in	-

elite runner	Eliteläufer/in	-
running mechanics	Lauftechnik	-
running performance	Laufleistung	-
neuromuscular performance	Neuromuskuläre Leistung	-
neuromuscular adaptations	Neuromuskuläre Anpassung	-
neural adaptation		-
cardiovascular adaptation	Kardiovaskuläre Anpassung	-
oxygen consumption	Sauerstoffverbrauch	oxygen consumption
VO _{2max}	VO _{2max}	-
lactat threshold	Laktatschwelle	anaerobic threshold
energy cost of running	Laufökonomie	-
performance outcomes	Leistungsergebnis	-

2.4 Suchstrategien

Tabelle 3: Suchstrategien (Natascha Halbeck, 2017)

Verknüpfungen der Keywords	
#1	plyometr* OR plyometr* training OR plyometr* exercise
#2	running OR explosive strength OR running economy
#3	"Running"[Mesh] OR "Jogging"[Mesh]
#4	running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*
#5	endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR

performance outcomes

2.5 Suchverlauf

Tabelle 4: Suchverlauf PubMed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr*[Title/Abstract] OR plyometr* training[Title/Abstract] OR plyometr* exercise[Title/Abstract])
#2	(running[Title/Abstract] OR explosive strength[Title/Abstract] OR running economy[Title/Abstract])
#3	#1 AND #2
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien

Tabelle 5: Suchverlauf PubMed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr*[Title/Abstract] OR plyometr* training[Title/Abstract] OR plyometr* exercise[Title/Abstract])
#2	"Running"[Mesh]) OR "Jogging"[Mesh]
#3	(running[Title/Abstract] OR long-distance running[Title/Abstract] OR middle-distance running[Title/Abstract] OR jogging[Title/Abstract] OR ultra-endurance athlete*[Title/Abstract] OR endurance runner*[Title/Abstract] OR long-distance runner*[Title/Abstract] OR middle-distance runner*[Title/Abstract] OR long distance runner*[Title/Abstract] OR middle distance runner*[Title/Abstract] OR trained runner*[Title/Abstract] OR recreational runner*[Title/Abstract] OR recreational endurance runner*[Title/Abstract] OR competitive runner*[Title/Abstract] OR competitive distance runner*[Title/Abstract] OR highly trained runner*[Title/Abstract] OR highly trained middle[Title/Abstract] AND long distance runner*[Title/Abstract] OR ultra-marathon[Title/Abstract] OR endurance running[Title/Abstract] OR Running mechanics[Title/Abstract] OR elite runner*[Title/Abstract])

#4 #2 OR #3

#5 #1 AND #4

Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien

Tabelle 6: Suchverlauf Medline Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running or explosive strength or running economy) [Abstract]
#3	#1 AND #2
#4	(endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes) [Abstract]
#5	#3 AND #4
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	

Tabelle 7: Suchverlauf Medline Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*) [Abstract]
#3	#1 AND #2
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	

Tabelle 8: Suchverlauf Amed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running or explosive strength or running economy) [Abstract]
#3	#1 AND #2
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	

Tabelle 9: Suchverlauf Amed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*) [Abstract]
#3	#1 AND #2
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	

Tabelle 10: Suchverlauf CINAHL Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running or explosive strength or running economy) [Abstract]
#3	#1 AND #2
#4	(endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes) [Abstract]
#5	#3 AND #4 Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien

Tabelle 11: Suchverlauf CINAHL Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]
#2	(running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*) [Abstract]
#3	#1 AND #2
#4	(endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes) [Abstract]
#5	#3 AND #4 Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien

2.6 Auswahl der Studien

Die durch die Literaturrecherche gefundenen Studien, wurden mit Hilfe der vorgängig definierten Ein- und Ausschlusskriterien eingegrenzt und auf ihre Eignung bezüglich der Fragestellung dieser Arbeit überprüft. Die Studien werden anhand folgender Faktoren beurteilt:

- Studienformat RCT
- Übereinstimmung Population, Intervention, Kontrollgruppe und Outcome mit der Fragestellung dieser Arbeit
- Sinnvolle Verwendung von spezifischen Parametern zur Analyse des Outcomes

Die nötigen Informationen werden in erster Linie aus dem Titel und Abstract entnommen, in zweiter Instanz auch aus dem Volltext.

2.7 Beurteilung der Qualität der Studien

Die Beurteilung der Studien erfolgt initial mittels der PEDro-skala. Die PEDro-skala wurde von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt. Beurteilt werden mittels Item 1 die Ein- und Ausschlusskriterien (externe Validität), Item 2 bis 9 die interne Validität und Item 10 - 11 das Vorhandensein von ausreichend statistischen Informationen, um Ergebnisse interpretierbar zu machen. Die 11 Items können mit Ja oder Nein beantwortet werden. Für jede positive Antwort wird ein Punkt verteilt. Erreicht eine Studie einen hohen Wert, wird ihre Qualität als hoch eingestuft. Ein Beispiel ist im Anhang (PEDro-skala) aufgeführt.

2.8 Studien zusammenfassen und würdigen

Anhand der in Tabelle 12 aufgeführten Punkte, werden die in dieser Arbeit eingeschlossenen Studien zusammengefasst und anschliessend systematisch gewürdigt. Die Studienzusammenfassung und Würdigung wird auf Basis des Dokuments "Arbeitsinstrument für ein critical appraisal" (AICA), welches von der

Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) zur Verfügung gestellt wird, erstellt. Ein Exemplar ist im Anhang (AICA Leitfragen) angefügt.

Tabelle 12, Studien zusammenfassen (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)

Zusammenfassen von Studien	
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel der Studie
Design	<ul style="list-style-type: none"> • RCT?
Stichprobe, Dropouts, Vergleichsgruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Wie gross und aus wem besteht die Stichprobe? • Wie wurde die Stichprobe gezogen? • Interventionsgruppe • Kontrollgruppe
Datenerhebung	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Daten wurden erhoben?
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Intervention wurde getestet? • Interventionsdauer?
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Welche statistischen Verfahren wurden zur Datenanalyse verwendet?

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

3. Theoretischer Hintergrund

3.1 Aufbauzyklus Krafttraining

Für ein differenziertes Verständnis des Krafttrainingsaufbaus, braucht es die Kenntnis über die verschiedenen Formen der Kraftarten. Die grundlegendste Kraft ist die Maximalkraft. Sie definiert sich durch die grösst mögliche willkürliche Kraftentwicklung eines Muskels. Sie ist abhängig vom Muskelfaserquerschnitt, der synchronen Rekrutierung vieler motorischer Einheiten in kurzer Zeit und der individuellen Muskelfaserzusammensetzung von Typ-1- und Typ-2-Fasern (Hottenrott & Neumann, 2010). Auf die unterschiedlichen Muskelfasern wird in Kapitel 3.3 genauer eingegangen. Für die Fähigkeit eine Muskelkraft über einen längeren Zeitraum konstant aufrechterhalten zu können braucht es die Kraftausdauer. Diese wird durch den Maximalkraftanteil, sowie die anaerobe Energiebereitstellung limitiert (Olivier, Marshall & Busch, 2008). Die Schnellkraft definiert die Fähigkeit, einen möglichst grossen Kraftimpuls in einer vorgegebenen Zeit zu generieren und ist hauptsächlich vom physiologischen Muskelquerschnitt, der neuromuskulären Koordination und der Rekrutierung der Muskelfasern abhängig (Schnabel et al., 2008). Weihneck (2004) sagt „Die Schnellkraft beinhaltet die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (...) oder Gegenstände (...) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen (...).“ (S. 238) Hegner (2012) erklärt, dass die Schnellkraft aus der Startkraft sowie der Explosivkraft besteht. Unter der Startkraft wird die Fähigkeit einer möglichst grossen Kraftentwicklung innerhalb von 30 Millisekunden verstanden. Die Explosivkraft hingegen entwickelt den von der Startkraft begonnenen Kraftanstieg weiter, um einen möglichst steilen Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve (Abbildung 1) zu erreichen. Wenn nur wenig Zeit für die Kraftentwicklung zur Verfügung steht, wird die Explosivkraft umso wichtiger.

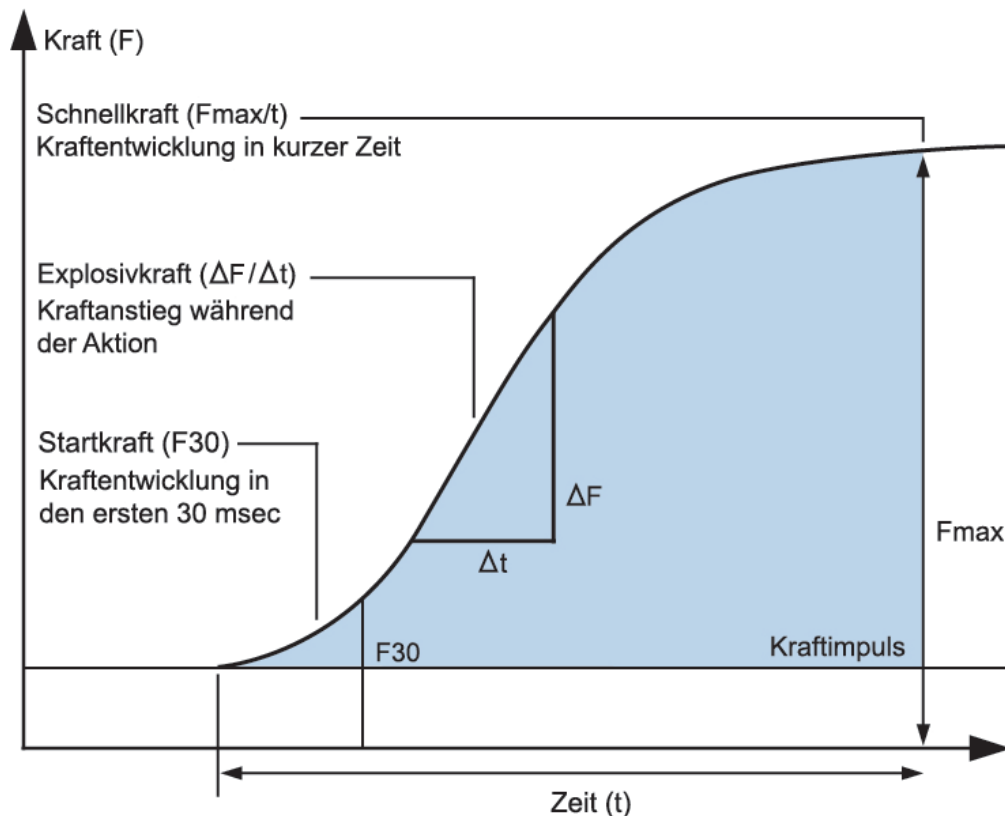


Abbildung 1, Kraft-Zeit-Kurve einer maximalen isometrischen Kontraktion, (Hegner, 2012, S. 139)

Innerhalb der verschiedenen Kraftarten hat die Reaktivkraft einen besonderen Stellenwert. Diese beschreibt die Fähigkeit, mittels DVZ eine erhöhte Schnellkraftleistung zu generieren. Die Reaktivkraftfähigkeiten werden durch eine optimale Voraktivierung der Muskulatur und einer schnellen Ausführung des DVZ wirksam. Das Training der Reaktivkraft wird unter anderem auch Plyometrietaining genannt (Hottenrott & Neumann, 2010). Explosivkraft ist nicht mit Plyometrie gleichzustellen, da eine plyometrische Aktivität per Definition immer einen DVZ enthalten muss. Das Training von Maximal- bis Reaktivkraft wird immer spezifischer (Abbildung 2), sodass die Anforderungen an die Trainierenden stark zunehmen. Die Explosivkraft und Plyometrie sind ganz an der Spitze des Aufbauzyklus des Krafttrainings.

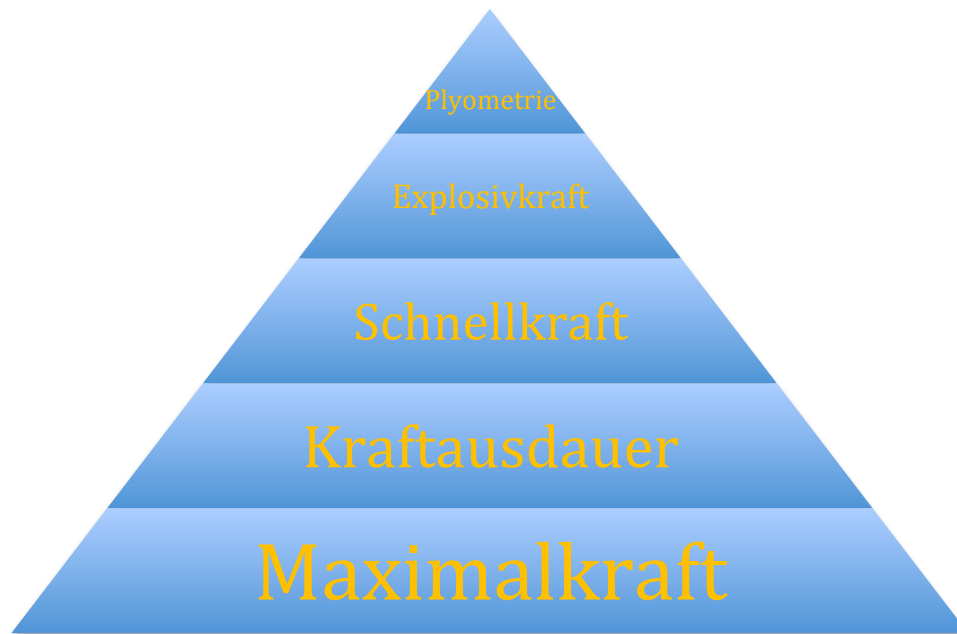


Abbildung 2: Aufbauzyklus Krafttraining (Sara Schultze, 2017)

Ein sorgfältiger Aufbau mit guter Kraftgrundlage, Koordination und Stabilität sind Voraussetzungen für ein erfolgreiches Plyometrietaining und minimieren das Verletzungsrisiko (Chu & Myer, 2013). In der Literatur sind zum Teil widersprüchliche Definitionen von den bisher beschriebenen Kraftarten vorhanden. Für diese Arbeit werden die Begriffe wie oben definiert verwendet.

3.2 Verschiedene Arten der Muskularbeit

Für diese Arbeit sind drei Arten der Muskularbeit relevant: Exzentrisch, konzentrisch und isometrisch. Während einer konzentrischen Muskelkontraktion kommt es zu einer Verkürzung der Muskelfasern. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, konzentrische Muskularbeit zu trainieren, wobei sich das Training mit Widerstand oder Gewichten anbietet (Chu & Myer, 2013). Bei der isometrischen Muskularbeit nimmt die Muskelspannung bei gleichbleibender Faserlänge zu, weshalb es zu keiner sichtbaren Verlängerung oder Verkürzung des Muskels kommt. Es handelt sich um eine statische Muskelkontraktion (Schnabel et al., 2008). Bei der exzentrischen Muskularbeit wird der Muskel unter Spannung verlängert, da es zu einem langsamen Loslassen gegen die Schwerkraft kommt. Eine beschleunigte Bewegung kann dadurch gebremst und kontrolliert werden. Diese Muskelkontraktion generiert bis zu 40% mehr Kraft als die isometrische oder konzentrische

Muskelarbeit. Deshalb ist die Bildung und Stärkung exzentrischer Muskelkraft in vielen Sportarten eine wichtige Methode zur Leistungssteigerung (Chu & Myer, 2013).

3.3 Typen von Muskelfasern

Ein Muskel ist die einzige muskuloskelettale Struktur, welche sich verlängern und verkürzen kann (Chu, 1992). Er besitzt elastische und kontraktile Elemente, sowie zwei Arten von Muskelfasern: Extra- und intrafusale Fasern. Extrafusale Muskelfasern enthalten Myofibrillen (Glossar), wodurch ein Muskel sich kontrahieren, entspannen sowie verlängern kann. Myofibrillen bestehen aus mehreren Bändern, welche durch sogenannte Sarkomere (Glossar) verbunden sind. Die in den Sarkomeren enthaltenen Myofilamente werden aus den Proteinen Aktin und Myosin gebildet und Aktin- beziehungsweise Myosinfilamente (Abbildung 3) genannt. Das elastische Filament Titin, ist mit dem Myosinfilament verbunden. Es hält dieses während einer Muskelkontraktion zwischen zwei Z-Streifen zusammen. Zudem kontrolliert es die Anzahl der Myosinmoleküle in einem Myosinfilamente (Van den Berg, 2011). Durch Nervenimpulse des Gehirns an die extrafusalen Muskelfasern wird eine chemische Reaktion ausgelöst, welche schliesslich dazu führt, dass die Aktin- und Myosinfilamente übereinander gleiten, was zur Verkürzung beziehungsweise Muskelkontraktion führt. Intrafusale Muskelfasern werden auch Muskelspindeln (Glossar) genannt. Diese liegen parallel zu den extrafusalen Fasern und sind die wichtigsten Längenrezeptoren der Muskulatur. Wird ein Muskel auf Länge gebracht, übermitteln die Muskelspindeln über das Rückenmark dem zentralen Nervensystem (ZNS) (Glossar) diese Information, was anschliessend zu einem Dehnungsreflex führt. Diese Signale und Informationen ermöglichen unter anderem die aufrechte Haltung, sowie die Fähigkeit Bewegungen kontrollieren zu können (Chu, 1992). Neben der Unterscheidung von extra- und intrafusalen Muskelfasern, gibt es die Aufteilung betreffend Kontraktionszeiten in drei verschiedene Typen von Muskelfasern: Schnell kontrahierende (Typ-2A und -2X) und langsam kontrahierende (Typ-1) Muskelfasern. Im Muskel kommt es zu einer Kontraktion, indem Adenosintriphosphat (ATP) (Glossar) in Adenosindiphosphat (ADP) (Glossar) und eine Phosphatgruppe (P) (Glossar) gespalten wird. Aufgrund

dieser Spaltung, wird Energie frei und das Myosin bewegt sich in einer Art Ruderbewegung über das Aktin-Filament. Die Häufigkeit dieser Spaltung pro Sekunde, die ATPase-Aktivität, entscheidet über die Geschwindigkeit der Muskelfasern. Bei den Typ-1-Muskelfasern ist die ATPase-Aktivität in Bezug auf die Geschwindigkeit relativ langsam. Die 2A- und 2X-Fasern zeigen eine hohe ATPase-Aktivität auf und bewirkt vergleichsweise eine hohe Geschwindigkeit. Zusätzlich werden die Muskelfasern von unterschiedlich schnellen motorischen Einheiten innerviert (Toigo, 2015).

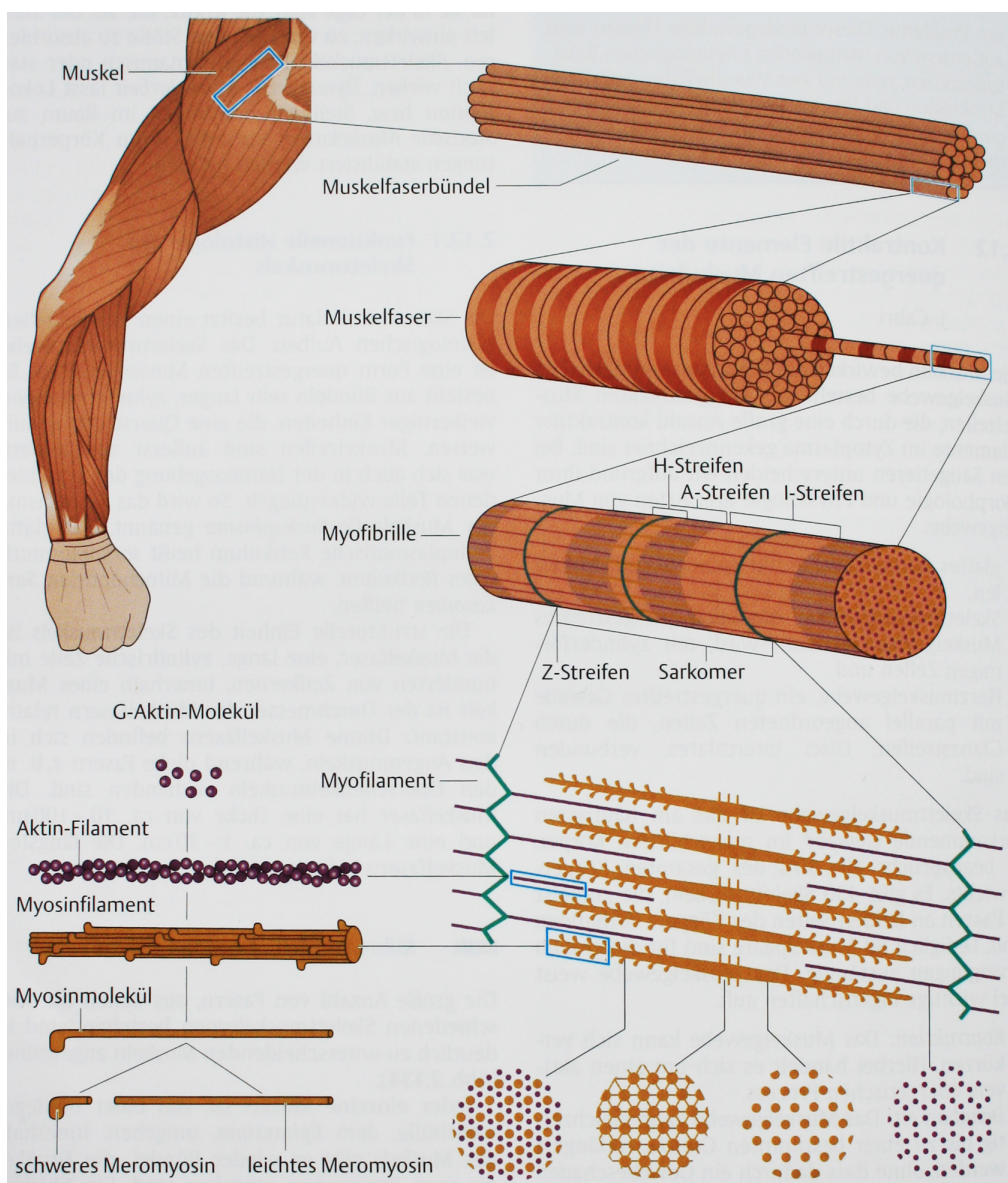


Abbildung 3: Histologischer Aufbau eines Muskels (Van den Berg, 2011, S. 256)

3.4 Inter- und intramuskuläre Koordination

Das neuromuskuläre System bildet die Voraussetzung für die Ansteuerung und Innervation der Muskulatur. Die Motoneurone (Glossar), welche ihre Zellkörper in den Vorderhornzellen des Rückenmarks haben, verbinden als ‚efferente Nerven‘ (Glossar) das ZNS mit den Muskelfasern. Jedes Motoneuron innerviert mehrere Muskelfasern und bildet dadurch eine motorische Einheit (ME) (Hottenrott & Neumann, 2010). Jeder Muskel besitzt unterschiedlich viele ME. Über die motorische Endplatte werden die Impulse von den Nerven auf die Muskelzellen übertragen. Um eine Bewegung zu ermöglichen, müssen mehrere motorische Endplatten aktiviert werden. Je grösser die benötigte Muskelkraft, desto mehr ME werden erregt. Hottenrott und Neumann (2010) beschreiben drei strukturell und funktionell verschiedene ME. Zum einen sind dies die schnell zuckenden, in kurzer Zeit hohe Kraft generierenden und ermüdungsanfälligen Einheiten (fast twitch fatiguable units, FT-Einheiten), sowie die schnell zuckenden und relativ ermüdungsresistenten Einheiten (fast twitch fatigue resistant units, FR-Einheiten) und die langsam zuckenden, wenig Kraft produzierenden und ermüdungsresistenten Einheiten (slow twitch fatigue resistant units, SR-Einheiten). Die Typ-1-Muskelfasern werden durch die SR-Einheiten innerviert und die Muskelfasern Typ-2A und -2X durch die FT-beziehungsweise FR-Einheiten (Toigo, 2015).

Unter der inter- und intramuskulären Koordination wird das Zusammenspiel von Nerven und Muskeln verstanden. Die intermuskuläre Koordination beschreibt das Zusammenarbeiten verschiedener Muskeln. Je besser diese Zusammenarbeit funktioniert, desto besser ist die zu erwartende Leistung. Unter der intramuskulären Koordination wird das Zusammenarbeiten mehrerer Muskelfasern innerhalb eines Muskels verstanden (Hottenrott & Neumann, 2010).

Laut Toigo (2015) ist die produzierte Kraft eines Muskels einerseits von der Anzahl aktivierter ME abhängig und andererseits von der Frequenz mit der die Aktionspotentiale (Glossar) ausgelöst werden. Toigo (2015) erklärt „je stärker die Rekrutierung und je höher die Feuerfrequenz, desto höher die resultierende Muskelkraft.“ (S.96). Dies bedeutet, dass die Anzahl sowie die Geschwindigkeit der Rekrutierung der Muskelfasern durch Training adaptiert werden können.

Grundsätzlich werden bei stärkeren Belastungen, wie zum Beispiel beim Plyometrietaining, mehr Muskelfasern rekrutiert und trainiert.

3.5. Explosivkraft

3.5.1 Grundlagen Explosivkraft

Die maximale Kraftbildung innerhalb einer Bewegung und während kürzester Zeit wird als Explosivkraft beschrieben (Hottenrott & Neumann, 2010). Schnellkraft bezieht sich auf die explosive Art der Kraftentwicklung. Aus diesem Grund werden Schnell- und Explosivkraft oft als Synonym verwendet. Je steiler der Kraftanstieg in einer festgelegten Zeit oder mit einem bestimmten Gewicht erfolgt, desto ausgeprägter ist die Schnell- oder Explosivkraft. Diese ist wie die Maximalkraft von mehreren Faktoren abhängig: Der Muskelquerschnitt, die neuromuskuläre Koordination, die Muskelfaserzusammensetzung, die Muskellänge, die Bewegungsdauer sowie die Motivation (Olivier et al., 2008). Belastungsformen des Krafttrainings, welche durch explosive Krafteinsätze gegen Widerstände im Bereich wettkampfspezifischer Schnellkraftanforderungen charakterisiert sind, werden als Schnellkrafttraining bezeichnet. Für eine Sprinterin oder einen Sprinter bedeutet dies, dass im Training die benötigte Schnellkraft, mit adäquatem Reiz mittels Gewicht und Beschleunigung, trainiert werden sollte.

Eine entscheidende Basis für die explosiven Krafteinsätze ist die Maximalkraftfähigkeit. Sportartspezifische schnelle Bewegungen erfordern eine rasche Rekrutierung der benötigten Muskelfasern. Dabei ist die zur Verfügung stehende Zeit zu kurz um ein sehr hohes Kraftmaximum zu erreichen. Die Differenz von der in dieser Zeit gebildeten Kraft und des potentiellen Kraftmaximums wird als Explosivkraftdefizit bezeichnet. Das Explosivkraftdefizit zeigt, ob eine Erhöhung der Maximalkraftfähigkeit für die angestrebte Schnellkraftleistung effektiv ist. Wenn das Explosivkraftdefizit unter 50% liegt, sollte ein Schnellkrafttraining bevorzugt werden. In diesem Fall hat die Verbesserung von Explosivkraft und der Kontraktionszeit der Muskelfasern eher einen positiven Einfluss auf die Schnellkraftleistung als ein zeitaufwendiges Maximalkrafttraining, welches nicht nur die schnellen, sondern auch die langsamen Muskelfasern entwickelt. Ein zu intensives Maximalkrafttraining kann

sogar die Schnellkraftleistung abschwächen. Die Kombination von Maximalkraft- und Schnellkraft- oder Explosivkrafttraining ist optimal den sportartspezifischen, sowie individuellen Anforderungen anzupassen.

Für die Entwicklung von Schnellkraft beziehungsweise Explosivkraft stehen hauptsächlich zwei Methoden zur Verfügung: Die Wiederholungsmethode und die reaktive Methode. Bei der Wiederholungsmethode wird mit Gewichten, welche etwa 30 bis 60% der Maximalkraft fordern, mit generell explosiven Muskelkontraktionen, sowie mit sportartspezifisch abgestimmten maximal schnellen Bewegungsausführungen gearbeitet (Schnabel et al. 2008). Die reaktive Methode findet beim Plyometrietaining Anwendung (Kapitel 3.6).

3.5.2 Beispielübungen Explosivkraft

Ein Training der Explosivkraft verbessert in erster Linie die funktionelle Kraft, durch Beanspruchung der schnellen Muskelfasern. Deshalb wirkt sich dieses Training weniger auf die Strukturfaktoren wie Muskelzuwachs aus, sondern viel mehr auf die Verbesserung der neuralen Faktoren wie Rekrutierung, Synchronisierung und Koordination der motorischen Einheiten. Hottenrott und Neumann (2010) empfehlen eine Serie mit explosiv durchgeführten Bewegungen und in drei bis acht Wiederholungen mit schweren und leichten Zusatzgewichten zu variieren. Eine fortgeschrittene Sportlerin oder ein fortgeschrittener Sportler kann zwei bis vier Serien durchführen, eine Leistungssportlerin oder ein Leistungssportler drei bis sechs Serien. Die Ausführung der Übungen sollte möglichst explosiv und schnell sein, das verwendete Gewicht nicht über 30 - 60% des 1RM betragen. Das 1RM, das sogenannte „one repetition maximum“, ist das Gewicht, mit dem die Athletin oder der Athlet mit maximaler Anstrengung nur eine Wiederholung der Übung vollbringen kann. Im Training können auf diese Weise Übungen mit schwerem Gewicht, das heisst etwa 60% des 1RM und Übungen mit geringem oder keinem Zusatzgewicht, aber höherer Geschwindigkeit, kombiniert werden. Je nach Leistungsniveau der Athletin oder des Athleten kommt es zu einer Serienpause von drei bis sechs Minuten. Auch die Häufigkeit eines derartigen Trainings muss sich nach dem aktuellen Trainingsstand richten. Fortgeschrittene können ein- bis zweimal pro

Woche trainieren, eine Leistungssportlerin oder ein Leistungssportler zwei- bis dreimal pro Woche (Hottenrott & Neumann, 2010).

3.6 Plyometrietaining

„Plyometrisches Training ist eine gute Methode zur Steigerung motorischer Schnelligkeit und hier ganz speziell der Schnellkraft“ (Cook, 2011, S.208). Der Begriff Plyometrie wurde 1975 erstmals verwendet und stammt ursprünglich von den lateinischen Worten „plyo“ und „metrics“ ab, was so viel bedeutet wie „messbare Zunahme“ beziehungsweise „Zunahme der Leistung“ (Chu, 1992). Auch für Kupper (2014) ist das Ziel des Plyometrietrainings (PTr) die Verbesserung der Sprungkraft und Schnellkraft. Als Resultat der hohen Intensität des PTr kommt es zu einem Zuwachs an Muskelfasern, sowie einer verbesserten Arbeitsweise der Muskulatur (inter- und intramuskuläre Koordination). Ausgelöst durch die neuromuskulären Adaptionen werden die Reaktionszeiten verkürzt und die Koordination verbessert. Eine weitere Anpassung ist die gesteigerte Flexibilität. Beim PTr werden neben der Muskulatur auch die Sehnen und Bänder beansprucht und gekräftigt. Ein stärkeres muskuloskelettales System ist wiederum weniger anfällig für Verletzungen (Kupper, 2014). Laut Chu und Myer (2013) wird das PTr als eine Art Brücke zwischen Maximalkraft, sportspezifischer Kraft als auch Geschwindigkeit genutzt, da mittels DVZ der Muskelsehnenkomplex in kürzester Zeit maximale Kraft speichern und abgeben kann.

Tabelle 13: Einfluss PTr (Natascha Halbeck, 2017)

PTr führt zur Verbesserung der folgenden Faktoren

Reaktionszeit

Maximalkraft

Flexibilität

Koordination

Kondition

Reduktion der Verletzungsanfälligkeit von Bändern und Sehnen

Eine Verbesserung der in Tabelle 13 erwähnten Faktoren durch PTr führt meist zur Steigerung der sportlichen Leistung der Athletin und des Athleten. Chu und Myer (2013) erwähnen, dass Bewegung in anatomisch effizienter Weise die Verletzungsgefahr vermindert und zur Steigerung der sportlichen Leistung führt. Anatomisch effizientere Bewegung bedeutet, dass der menschliche Körper mittels optimaler Bewegungsmechanik Kraft freisetzen kann. Es ist wichtig, die Muskulatur und seine potentielle Arbeitsfähigkeit zu kennen, um eine optimale Kraftgenerierung zu erreichen (Chu & Myer, 2013). Eine vertiefte Auseinandersetzung mit diesem Thema ist dem Umfang dieser Arbeit nicht angemessen.

3.6.1 Grundlagen des Plyometrietrainings

Das Ziel beim PTr ist die Kraft- und Leistungssteigerung (Chu & Myer, 2013). PTr wird auch Reaktivkrafttraining genannt. Es handelt sich um ein Schnellkrafttraining mit Nutzung des Effekts des DVZ. Dabei wird ein Muskel zuerst exzentrisch auf Spannung gebracht, um danach eine explosive konzentrische Bewegung auszulösen. PTr stimuliert die Propriozeptoren um in möglichst kurzer Zeit eine maximale Kraftentwicklung zu erreichen (Leister, 2014). Propriozeptoren sind Rezeptoren der Tiefensensibilität, welche die Stellung der Gelenke melden und Längenunterschiede der Muskulatur sowie Druck oder Zug auf ein bestimmtes Gewebe vernehmen. Durch diese Fähigkeiten nehmen sie eine wichtige Aufgabe in der Kraftentwicklung ein, denn auf die so wahrgenommenen Reize folgt eine Adaptation der Muskulatur (Van den Berg, 2011).

Das neuromuskuläre System ermöglicht eine schnelle Reaktion nach der exzentrischen Kontraktion, um die notwendige konzentrische Beschleunigung zu generieren (Leister, 2014). Kupper (2014) betont die Relevanz der Geschwindigkeit und Intensität der exzentrischen Phase der Bewegung. Je schneller und stärker diese Phase ist, desto mehr Energie kann gespeichert und in der konzentrischen Phase freigesetzt werden. Zusätzlich hat die Muskelelastizität Einfluss auf die grössere Kraftproduktion während der exzentrischen Phase, da durch die schnelle Dehnung Spannung hervorgerufen und elastische Energie gespeichert werden kann. Eine hilfreiche Analogie dazu ist die Vorstellung eines Gummibandes. Wenn dieses auf Spannung gebracht wird, kehrt es in seine ursprüngliche Form zurück. Dieser

Effekt kann bei einem Schlag auf die Patellarsehne beobachtet werden. Als Reaktion auf die Dehnung der Sehne kommt es zu einer reaktiven konzentrischen Muskelkontraktion des M. Quadriceps femoris. Das Ausmass der Kontraktion ist davon abhängig, wie stark die Sehne gedehnt wird. Durch die direkte Verbindung von sensorischen und motorischen Rezeptoren in der Muskulatur über einen Reflexbogen (Glossar), der auf Rückenmarksebene verschaltet ist, zählt der Dehnungsreflex zu den stärksten Reflexen im menschlichen Körper. Andere Reflexe sind zum Teil langsamer, da sie über mehrere Interneurone (Glossar) hin zum zentralen Nervensystem übertragen werden müssen, bevor eine Reaktion ausgelöst wird (Chu & Myer, 2013). Eine willkürliche oder durchdachte Antwort auf eine Muskeldehnung würde in athletischen Bewegungen wie Springen, Laufen oder Werfen zu spät auftreten. Ein unbewusster Reflex (neuronaler Vorgang) sowie eine bewusste Kontraktion der Muskulatur führen zu einer konzentrischen Muskelaktivität und somit zu einer Bewegung. Die Dehnung, also exzentrische Bewegung, sollte so schnell wie möglich stattfinden, sodass ein Reflex erfolgen kann.

Mittels regelmässigem Training des DVZ kann eine Stärkung des Muskel-Sehnen Komplexes (MSK) (Glossar) erzielt werden, was wiederum dazu führt, dass mehr Kraft gespeichert und abgerufen werden kann. Das Prinzip des DVZ bildet die Grundlage des PTr und sollte während dem Trainieren eingehalten werden. Aus neutraler Position wird in die Vordehnung bewegt und anschliessend die konzentrische Aktivität ausgelöst (Kupper, 2014). In Abbildung 4 werden die verschiedenen Phasen des DVZ während eines Drop-Jumps bildlich dargestellt.

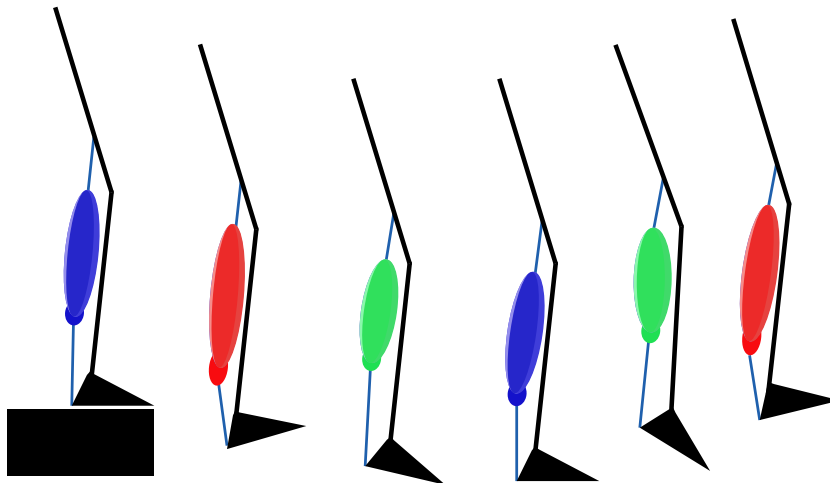


Abbildung 4: Darstellung der unteren Extremität während eines Drop-Jumps (Kupper, 2014, Plyometrisches Training - Ein Überblick zu Theorie und Praxis. Heruntergeladen von <http://www.online-fitness-coaching.com/plyometrisches-training/> am 18.05.2017)

Erklärung der Darstellung:

(blau= gleiche Länge; grün= Verkürzung; rot=Verlängerung)

1. Sowohl der Wadenmuskel als auch die Achillessehne sind in einer gleichbleibenden Länge.
2. Während dem Sprung kommt es mittels aktiver Dorsalextension im oberen Sprunggelenk (OSG) zur Vorspannung und schliesslich zur Verlängerung der Wadenmuskulatur.
3. Die konzentrische Kontraktion der Wadenmuskulatur führt zu einer Plantarflexion im OSG vor der Landung.
4. Fuss-Boden Kontakt: Führt zum Anziehen der Fussspitze, was wiederum den MSK dehnt (jetzt wird der unbewusste Reflex der konzentrischen Kontraktion ausgelöst).
5. Unmittelbar danach kommt es beim Absprung zur konzentrischen Kontraktion der Wadenmuskulatur. Sowohl Muskel als auch die Sehne verkürzen sich.
6. Vor der Landung erfolgt eine weitere entsprechende Vorspannung.

Im PTr wird die exzentrische Muskelarbeit vor allem in der ersten Phase, der „Loading Phase“ (Abbildung 5) (Chu & Myer, 2013), angewandt. Dadurch kann die Krafteinwirkung gedämpft und das Gelenk mit der dazugehörigen Muskulatur auf die

darauffolgende isometrische und später konzentrische Muskelarbeit vorbereitet werden. Bei einer plyometrischen Übung wird die Phase mit der isometrischen Muskelarbeit als „Coupling Phase“ (Abbildung 5) beschrieben. Die „Coupling Phase“ bezeichnet jenen Moment beim Laufen oder Springen, wenn der Körper für einen kurzen Moment „stoppt“. Es kommt nur zu geringer oder keiner Gelenkbewegung.

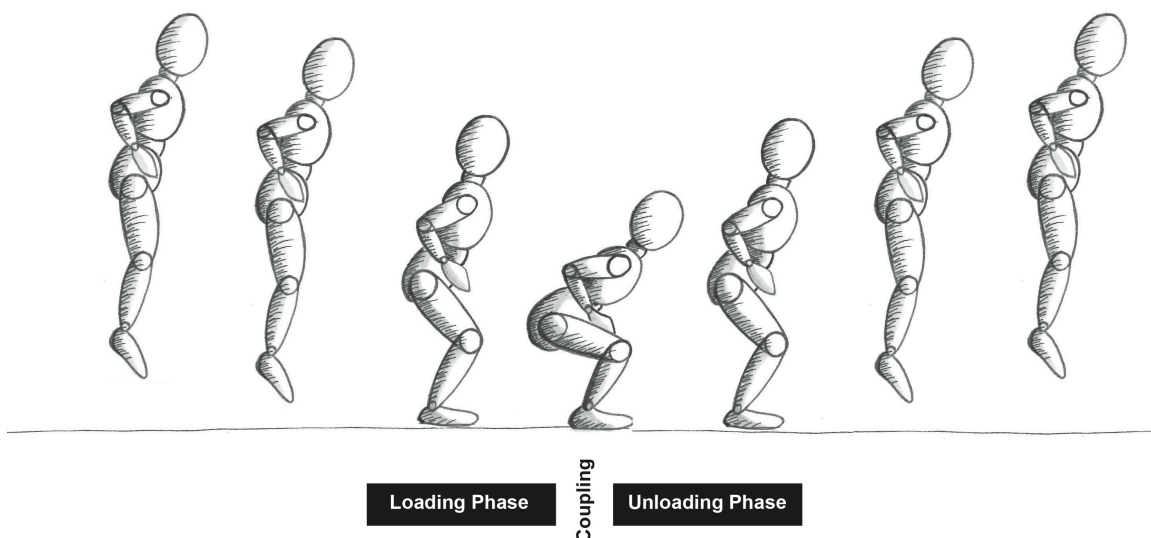


Abbildung 5: Phasen des DVZ (Natascha Halbeck, 2018)

Beim PTr kann der Fokus unter anderem auf die Verbesserung der isometrischen Muskelkraft gelegt werden. Der Moment des Wechsels von exzentrischer zu konzentrischer Muskelarbeit bezeichnet die kurze, statische isometrische Phase einer plyometrischen Übung. Im PTr wird diese Phase auch Amortisationsphase genannt und dauert bei fortgeschrittenen, leistungsorientierten Athletinnen und Athleten weniger als 0.01 Sekunden (Chu & Myer, 2013). Die Kunst einer guten Athletin oder eines guten Athleten ist die Fähigkeit des schnellen Wechsels von exzentrischer zu konzentrischer Muskelarbeit. Die Dauer des Fuss-Bodenkontaktes lässt sich unmittelbar mit der Dauer der Amortisationsphase der Athletin und des Athleten in Verbindung setzen. Folglich wird die Läuferin oder der Läufer umso schneller, je kürzer die Amortisationsphase ist (Chu & Myer, 2013). Bei der plyometrischen Aktivität findet die Muskelkontraktion während der sogenannten „Unloading Phase“ (Abbildung 5) statt. Die konzentrische Kontraktion erfolgt als

Resultat der zuvor durchgeführten exzentrischen Muskelarbeit, bei welcher kinetische Energie gespeichert und nun explosiv abgegeben wird. Der Fokus im PTr liegt auf der möglichst schnellen Umstellung von der exzentrischen zur konzentrischen Phase (Chu & Myer, 2013).

3.6.2 Voraussetzungen für ein Plyometrietaining

Da Plyometrie eine sehr spezifische Kraftform ist, setzt dies einige Grundlagen voraus. PTr kann die Gelenke starken Krafteinwirkungen und Geschwindigkeiten aussetzen. Um diese Einwirkungen auf die Gelenke auszuhalten, sollte eine Athletin oder ein Athlet über eine genügend gute neuromuskuläre Kontrolle, eine adäquate Kraftbasis und eine gute Ausdauer verfügen. So sollte die trainierende Person vor dem PTr für die unteren Extremitäten in der Lage sein, einen Squat (Kniebeuge) mit guter Haltung, sauberer Bewegungsdurchführung, Einhaltung der Beinlängsachse, ohne mit dem Oberkörper zu stark nach vorne zu neigen und mit Gewichtszusatz in Höhe des eigenen Körpergewichtes ausführen können. Falls diese Fähigkeiten nicht vorhanden sind, beziehungsweise sich funktionelle Defizite zeigen, sollte vorerst auf ein PTr verzichtet werden. Aktuell gibt es keine klaren Richtlinien über die Indikation von PTr. Aufgrund empirischer Erfahrungen wird empfohlen, dass Athletinnen und Athleten erst mit dem PTr beginnen, wenn sie moderate Gewichte während eines traditionellen Widerstandstrainings tolerieren und funktionelle Bewegungsmuster sauber einhalten können. Weitere Einflussfaktoren die berücksichtigt werden sollten, sind: Alter, Geschlecht, vergangene Verletzungen, individuelle Trainingsgeschichte und aktueller Trainingsstand. Das Alter der Athletin oder des Athleten spielt eine entscheidende Rolle, weil Jugendliche andere Ziele und Prioritäten als Erwachsene haben. Die Jugendlichen sollten zuerst an der Körperkontrolle arbeiten, saubere Bewegungsmuster erlernen und die Kraftentwicklung gegen kleine Widerstände ausbauen, um die Zugkraft von Muskeln, Sehnen und Bändern zu stärken. Eine wichtige Rolle spielt das Geschlecht. Frauen haben beispielsweise generell ein höheres Risiko das vordere Kreuzband zu reißen. Bei Männern zeigt sich tendenziell durch die ausgeprägte muskuläre Kontrolle eine gesteigerte Kniestabilität bei plyometrischen Übungen. Die Verletzungsgeschichte der Athletin und des Athleten ist ein weiterer wichtiger Einflussfaktor für die Anwendung von PTr. Eine Athletin und ein Athlet ohne Vorgeschichte kann grundsätzlich intensiveres PTr

durchführen, wo hingegen bei vorausgehenden Verletzungen die Möglichkeit eines Rezidivs beachtet werden sollte. Die bisherige Trainingsgeschichte und der aktuelle Trainingsstand sind zu berücksichtigen. Es ist von Vorteil, wenn explosive Bewegungen bereits durch vorgängiges Training bekannt sind (Chu & Myer, 2013). Auf die Faktoren Alter, Geschlecht, Vorgeschichte mit Verletzungen und bisherige Trainingsgeschichte wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

3.6.3 Beispielübungen für Plyometrietaining

Folgend werden typische plyometrischen Übungen beschrieben.

Squat-Jumps: Die Ausgangsstellung ist die Squat Position, aus welcher in einer leichten Vordehnung ein möglichst hoher Sprung ausgelöst wird. Die Landung erfolgt wieder auf beiden Beinen (Abbildung 6) (Chu & Myer, 2013).

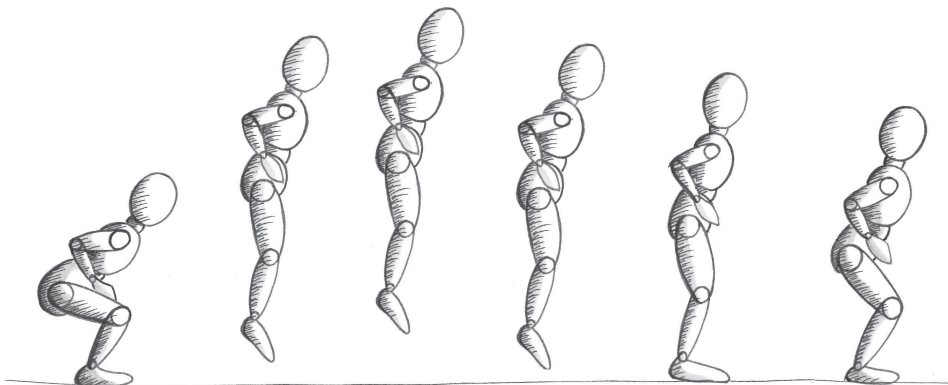


Abbildung 6: Squat-Jump (Natascha Halbeck, 2018)

Counter-Movement-Jump: Die Startposition ist der aufrechte Stand. Primär wird die Squatstellung eingenommen bevor die gleiche Bewegung wie beim Squat-Jump ausgeführt wird. Diese Auftaktbewegung vom aufrechten Stand bis zur Squatstellung bringt die Muskulatur auf Vorspannung. Durch die damit gespeicherte kinetische Energie kann eine höhere Sprunghöhe im Vergleich zum Squat-Jump erzielt werden (Abbildung 7) (Chu & Myer, 2013).

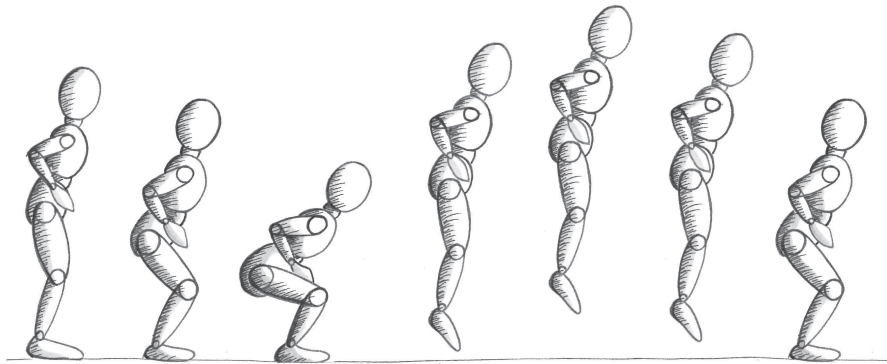


Abbildung 7: Counter-Movement-Jump (Natascha Halbeck, 2018)

Drop-Jump: Ausgangsposition ist der beidbeinige Stand auf einer Box. Die Arme sind während der gesamten Bewegung passiv an die Hüfte angelegt. Die Athletin oder der Athlet springt von der Box mit definierter Fallhöhe, landet auf beiden Füßen und geht sofort in einen Strecksprung über. Der Bodenkontakt sollte möglichst kurz sein (Abbildung 8) (Chu & Myer, 2013).

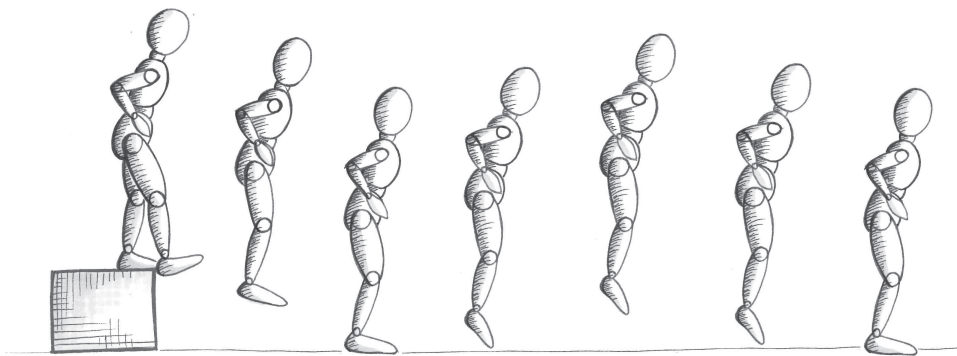


Abbildung 8: Drop-Jump (Natascha Halbeck, 2018)

Split-Squat-Jump: Ausgangsstellung ist die Lungestellung. Aus dieser Position wird so hoch wie möglich abgesprungen um anschliessend wieder in der Ausgangsposition zu landen. In der Luft kommt es zu einem Fusswechsel, damit in der Endposition das andere Bein vorne steht. Die Arme dürfen unterstützen (Abbildung 9) (Chu & Myer, 2013).

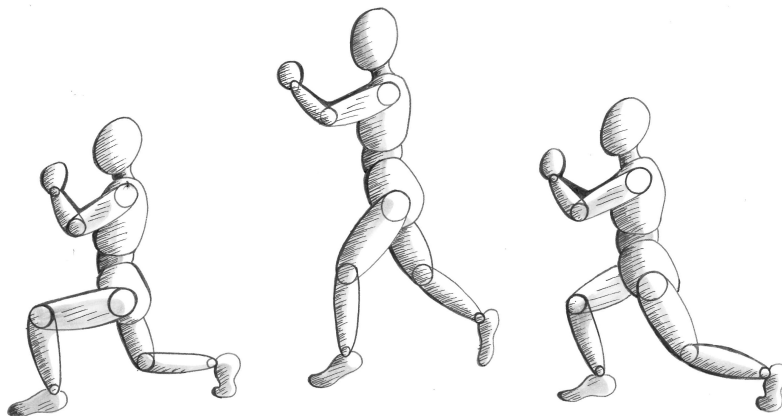


Abbildung 9: Split-Squat-Jump (Natascha Halbeck, 2018)

Two-Foot-Ankle-Hops: Ausgangsposition ist der aufrechte Stand auf den Zehen. Die Bewegung findet nur in den oberen Sprunggelenken statt. Aus einer leichten Vordehnung im Zehenstand wird ein möglichst hoher Sprung ausgelöst (Abbildung 10) (Chu & Myer, 2013).

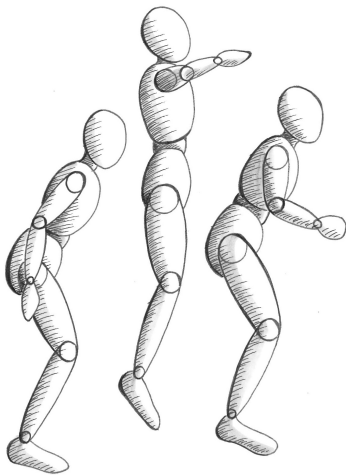


Abbildung 10: Two-Foot-Ankle-Hops (Natascha Halbeck, 2018)

4. Resultate

4.1 Selektionsprozess

Im folgenden Flowchart (Abbildung 11) wird der Verlauf der Literaturrecherche ersichtlich. Der detaillierte Suchprozess mit aufgelisteten Resultaten ist im Anhang (Suchverlauf mit Suchergebnissen) angehängt. Nach Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien, sowie Ausschluss der doppelt gefundenen Studien besteht das Endresultat aus 4 quantitativen Studien.

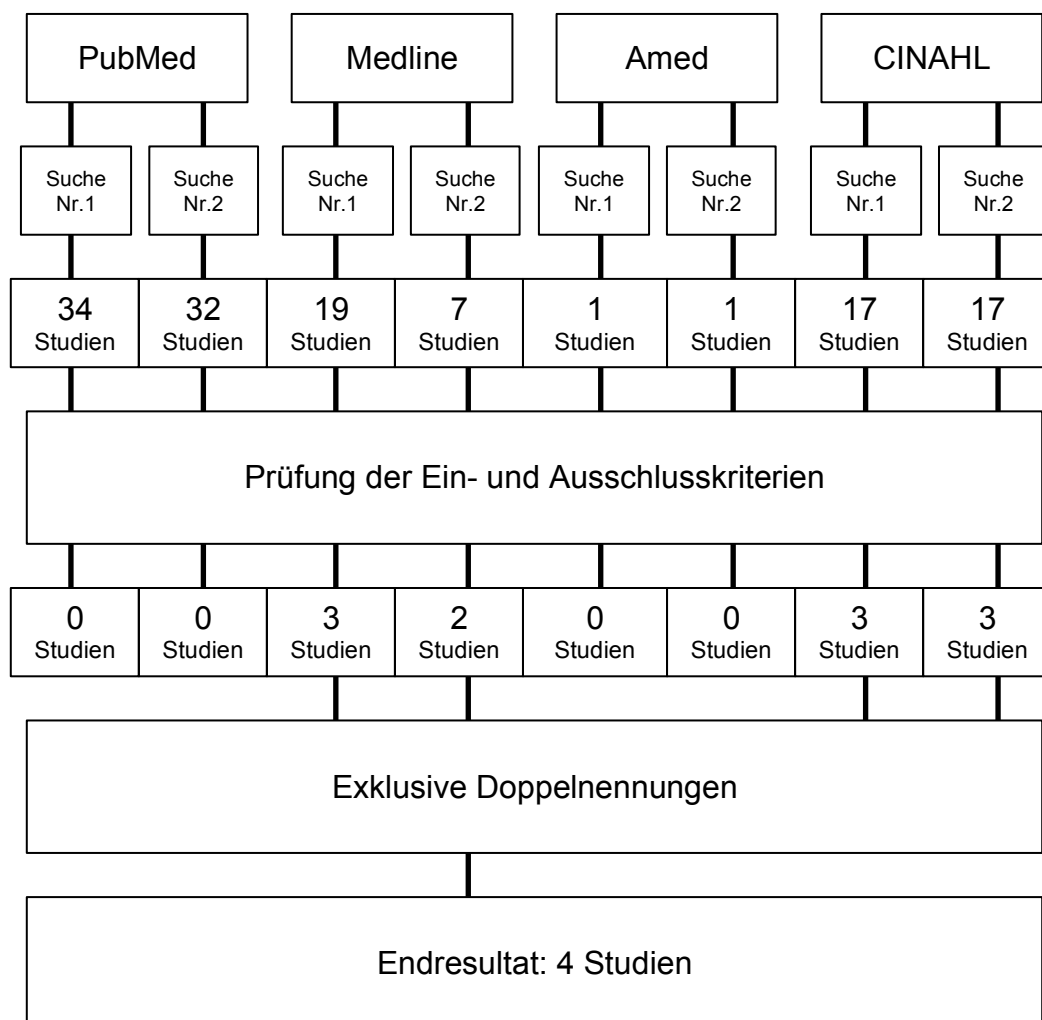


Abbildung 11: Flowchart zum Selektionsprozess (Natascha Halbeck, 2018)

4.2 Studienübersicht

In der folgenden Tabelle 14 werden die in dieser Arbeit verwendeten Studien aufgelistet.

Tabelle 14: Verwendete Studien (Sara Schultze, 2018)

Titel Studie	Autoren, Jahr
Effect of Plyometrics on the Energy Cost of Running and MHC and Titin Isoforms	Pellegrino et al. (2015)
Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners	Ramirez-Campillo et al. (2013)
Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running	Berryman et al. (2010)
Short-Term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners	Saunders et al. (2006)

Die inkludierten Studien wurden mittels der PEDro-skala bezüglich interner und externer Validität beurteilt. Die erreichten Punkte der einzelnen Studien sind in Tabelle 15 ersichtlich, weiter können die ausgefüllten Formulare im Anhang (PEDro-skala) begutachtet werden.

Tabelle 15: PEDro-skala Score (Sara Schultze, 2018)

Studie	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Total
Pellegrino et al. (2015)	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	6/11
Ramirez-Campillo et al. (2010)	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	7/11
Berryman et al. (2010)	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	5/11
Saunders et al. (2006)	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	6/11

4.3 Studienzusammenfassung und Würdigung

Im folgenden Abschnitt werden die Studien zusammengefasst (Tabellen 16 - 19) und anschliessend systematisch gewürdigt. Die detaillierten Würdigungen sind im Anhang (Würdigung) ersichtlich.

4.3.1 Zusammenfassung der Studie von Pellegrino et al. (2015)

Tabelle 16: Steckbrief der Studie von Pellegrino et al. (2015) (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)

Pellegrino et al. (2015)	
Ziel	Das Ziel dieser Studie war die Auswertung des Effekts eines PTr auf die Laufökonomie und auf die Muskelproteine Titin und Myosin (MHC) bei geübten Läuferinnen und Läufer.
Design	RCT
Stichprobe, Dropouts, Vergleichsgruppen	25 Teilnehmende und drei Dropouts Interventionsgruppe (PTr-Gruppe): PTr und Lauftraining, Vier Probandinnen und sieben Probanden Kontrollgruppe (K-Gruppe): Nur Lauftraining, Vier Probandinnen und sieben Probanden
Datenerhebung	Körperzusammensetzung (Grösse, Gewicht, BMI, Körperfett) Maximale vertikale Sprunghöhe (VJHpeak) Sit-and-reach Test (Glossar) Inkrementeller Laufbandtest mit Stufen 1 - 9 (Bestimmung Blutlaktat, VO_{2max} und Laufökonomie (ECR)) Test der Laufleistung über 3000 m (Perf3000) Muskelbiopsie von M. vastus lateralis zur Proteinanalyse
Intervention	Sechs Wochen Interventionsperiode mit 15 Trainings Messungen wurden vor und nach der Intervention durchgeführt Dosierung PTr: 60 bis 228 Sprünge pro Training, kontinuierlich gesteigerte Intensität Das Trainingsprogramm ist eine angepasste Version der

	Trainingsintervention von Spurrs, Murphy und Watsford (2003) Die Durchgeführte Intervention von Spurrs et al. (2003) ist im Anhang (Intervention Spurrs et al., 2003) ersichtlich
Datenanalyse	2x2 ANOVA (Varianzanalyse) (Glossar) für alle Messungen, alle Resultate werden mit Mittelwert (mean) und Standardfehler (SEM) angegeben (mean +/- SEM), Alpha Fehler: $p < 0.05$ (Glossar P-Wert)

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Die Studie von Pellegrino et al. (2015) erreichte folgende Resultate:

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Zeit:

- **VO_{2max}:**
Ptr: Verbesserung um 5.2 %, ($P = 0.045$)
K: Verschlechterung um 3.1 %, ($P = 0.08$)
- **VJHpeak:**
Trend für eine Gruppe-Zeit Interaktion ($P = 0.08$)
K: signifikante Verschlechterung ($P = 0.01$)
Ptr: keine Veränderung
- **Perf3000:**
Ptr: 2.6% Verbesserung ($P = 0.04$)
K: 1.6% Verbesserung ($P = 0.17$)
- Individuell wahrgenommene Anstrengung (Ptr-Gruppe verringerte den Wert, keine Veränderungen bei der K-Gruppe)

Haupteffekt bezüglich Zeit und Gruppe:

- **Flexibilität: Ptr** ($P = 0.05$) und **K** ($P = 0.003$) verloren Flexibilität während der Interventionsperiode, Verlust der Ptr-Gruppe war nach der Intervention signifikant tiefer ($P = 0.03$)

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Gruppe:

- **ECR:** Effekt für die Stufen 2, 3 und 6
Ptr: Reduktion von ECR ($P = 0.02$, für Runde 3)
K: Steigerung von ECR ($P = 0.02$, für Runde 3)

Kein Haupteffekt:

- Analyse der Muskelproteine ergab keinen signifikanten Effekt der Zeit, Gruppe oder Interaktion. Es wurde jedoch ein starker, positiver Zusammenhang zwischen MHC I (myosin heavy chain) und ECR für Stufe 7 gefunden. MHC IIa zeigte einen positiven Zusammenhang mit VJHpeak.

Körpermasse, BMI und VO_{2max} :

- Keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppen

Limitationen:

- Die verwendeten Stichproben erscheinen als zu klein.
- Es wurde kein Levene-Test (Glossar) zur Überprüfung der Varianzhomogenität (Glossar) durchgeführt.
- In der Population wird nicht unterschieden, ob es sich um Freizeit-, Hobby-, Wettkampf- oder Eliteläuferinnen oder -läufer handelt. Die im Schnitt gelaufenen Kilometer pro Woche lassen jedoch den Schluss zu, dass es sich um ambitionierte Läuferinnen und Läufer handelt. Diese Vermutung lässt sich dadurch untermauern, dass sich die Probandinnen und Probanden aus eigener Motivation für die Studie gemeldet haben.
- Sechs Wochen waren wahrscheinlich nicht lang genug um muskuläre Veränderungen aufzeigen zu können. Sie hatten sich für diese Interventionsdauer aufgrund einer vorhergegangenen Studie (Iaia et al., 2009) entschieden.
- Die Autoren geben keine Empfehlungen für die Praxis ab.

Die ausführliche Zusammenfassung der Studie von Pellegrino et al. (2015) ist im Anhang (Zusammenfassungen) ersichtlich.

4.3.2 Würdigung der Studie von Pellegrino et al. (2015)

Im Studientext wird die Grösse der Stichprobe nicht begründet. Es wird auch keine Sample Size Calculation (Glossar) erwähnt und somit kann die Stichprobengrösse als eher klein eingestuft werden. 12% der Teilnehmenden beendeten die Intervention nicht, die Gründe der Dropouts werden jedoch nicht beschrieben. Bei der Rekrutierung der Probandinnen und Probanden kam es zu einem Selektionsbias, denn sie konnten sich selber zur Teilnahme melden und somit kam es zu keiner

Zufallsstichprobe, folglich gilt die externe Validität als reduziert. Auch die interne Validität ist aufgrund der mangelnden Blindung von Untersuchenden, Therapierenden und Teilnehmenden, nicht vollständig gegeben.

Die Vergleichsgruppen werden randomisiert (Glossar) zugeteilt, jedoch könnte der Vorgang näher beschrieben werden. Einzig wird erwähnt, dass Männer und Frauen mit einer geschichteten Zufallsstichprobe (Glossar) den jeweiligen Gruppen zugeordnet wurden. Dieses Vorgehen scheint bei einer kleinen Stichprobengröße sinnvoll, ansonsten hätte eine ungleiche Verteilung der Frauen einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Zu Beginn der Intervention waren die Vergleichsgruppen bezüglich Trainingsstatus, Körperzusammensetzung und VO_{2max} ausgeglichen. Die Datenerhebung ist passend und vollständig. Alle Teilnehmenden führten die gleichen Tests unter den gleichen Bedingungen durch. Die verwendeten Messinstrumente sind zuverlässig und valide. Auch die Verfahren der Datenanalyse werden klar beschrieben.

Alle Teilnehmenden der Studie unterzeichneten ein Ethikformular der Universität von Montana und stimmten somit einer mit Menschen durchgeführten Studie zu. Die Resultate werden verständlich dargestellt und schlüssig interpretiert. Lediglich die von den Probandinnen und Probanden wahrgenommene Anstrengung wird als ein signifikanter Haupteffekt der Zeit angegeben, wobei aus dem Text nicht hervorgeht, wie diese Daten erhoben wurden. Die Ergebnisse werden mit anderen Studien verglichen und diskutiert. Die Angaben bezüglich Aufbau und Dosierung der Trainingseinheiten sind zu ungenau und würden keine exakte Reproduktion der Intervention zulassen.

4.3.3 Zusammenfassung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)

Tabelle 17: Steckbrief der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)

Ramirez-Campillo et al. (2013)	
Ziel	Die Studie wollte herausfinden welchen Einfluss ein kurzzeitiges PTr auf die Ausdauer- und Explosivkraftfähigkeiten bei kompetitiven Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer hat.
Design	RCT
Stichprobe, Dropouts, Vergleichsgruppen	36 Läuferinnen und Läufer, 11% Dropouts PTr-Gruppe: PTr und Lauftraining Acht Probandinnen und 10 Probanden, zusätzlich ein Dropout K-Gruppe: Nur Lauftraining Sechs Probandinnen und 12 Probanden, zusätzlich drei Dropouts
Datenerhebung	Körpergrösse, Körpergewicht, BMI Höhe des Counter-Movement-Jumps (CMJ) mit Armeinsatz Drop-Jump (DJ) von 20 und 40 cm Sprunghöhe 20 m Sprinttest (SP20) Test der Laufleistung über 2.4 km (Perf2400) Tests vor und nach der Interventionsperiode.
Intervention	Sechs Wochen Intervention, zweimal 30 min Training pro Woche, Trainiert wurde jeweils vor dem Lauftraining DJ, 60 Wiederholungen pro Training <ul style="list-style-type: none"> • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 20 cm • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 40 cm • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 60 cm → Pausen: 15 Sekunden zwischen den Sprüngen und zwei Minuten zwischen den Serien
Datenanalyse	2-Weg ANOVA, Shapiro-Wilk-Test (Glossar), Levene-Test, Post-hoc-Test Alle Resultate werden mit Mittelwert (mean) und

Standardabweichung (SD) angegeben (mean +/- SD).

Alpha Fehler: $p < 0.05$

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Die Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) erreichte folgende Resultate:

- Die Basis-Tests vor der Interventionsperiode zeigten keine Unterschiede zwischen PTr- und K-Gruppe.

Signifikante Reduktion in der PTr-Gruppe bezüglich Laufzeit (-3.9%):

- 2.4 km ($p < 0.01$)
- Sprintzeit ($p < 0.01$)

Signifikante Steigerung in der PTr-Gruppe:

- CMJ: Verbesserung der Sprunghöhe ($p < 0.001$, 8.9%)
- DJ 20 cm ($p < 0.001$, 12.7%)
- DJ 40 cm ($p < 0.001$, 16.7%)

Keine signifikanten Unterschiede in:

- Körpergewicht
- BMI

In der PTr-Gruppe konnte bezüglich initialer 2.4 km Laufzeit und der relativen Veränderung der Explosivkraftleistung während dem DJ bei 40 cm ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden.

Limitationen:

- Die Autoren stützen sich auf Studien, welche eine sechswöchige Trainingsinterventionsdauer als ausreichend für eine signifikante Anpassung der ausdauerbezogenen Leistungsfähigkeit erachtet haben (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela & Rusko, 1999) (Spurrs et al., 2003) (Turner, Owings & Schwane, 2003).
- Es wurden während der Interventionsperiode keine Zwischenmessungen zur Anpassung der Trainingsintensität durchgeführt.
- Aufgrund einer höheren Dropout-Rate in der PTr-Gruppe hat sich das Geschlechterverhältnis zwischen den beiden Gruppen verschoben. In der

K-Gruppe sind fünf Frauen (33%) und in der PTr-Gruppe acht Frauen (47%) verblieben. Ohne den grösseren Frauenanteil in der PTr-Gruppe, wären die Ergebnisse wahrscheinlich noch deutlicher ausgefallen.

Die ausführliche Zusammenfassung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) ist im Anhang (Zusammenfassungen) dieser Arbeit ersichtlich.

4.3.4 Würdigung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)

Die externe Validität gilt aufgrund eines Selektionsbias als reduziert. Auch die interne Validität ist wegen mangelnder Blindung von Untersuchenden, Therapierenden und Teilnehmenden nicht vollständig gegeben. Die Stichprobengrösse wurde mittels Sample Size Calculation ermittelt, womit sie ein Minimum von 15 Teilnehmenden pro Gruppe errechneten. Aufgrund von Verletzung, Wohnortwechsel und Schwangerschaft kam es zu 11% Dropouts, diese blieben ohne signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Die Vergleichsgruppen, welche mit einem Zufallsgenerator erstellt wurden, zeigten vor der Intervention keine signifikanten Unterschiede. Die erhobenen Daten sind nachvollziehbar jedoch nicht vollständig. Für die optimale Ermittlung der Laufleistung fehlt die Erhebung des VO_{2max} , der ECR als auch des Laktatstufentests. Die verwendeten Messinstrumente wurden detailliert beschrieben, sind zuverlässig, valide und reliabel. Alle Teilnehmenden unterschrieben vor der Interventionsperiode ein Formular, in dem sie über die potenziellen Risiken sowie Gewinne informiert wurden und ihr Einverständnis gaben.

Die Forscher konnten ihre Forschungsfrage beantworten und haben die Resultate mit anderen Studien und Hypothesen verglichen und differenziert diskutiert. Die Ergebnisse sind für sehr gut trainierte Athletinnen und Athleten und deren Trainerinnen und Trainer nützlich und umsetzbar. Zur Förderung der Explosivkraftfähigkeit und somit der Laufleistung wird ein regelmässiges hochintensives PTr zusätzlich zum Lauftraining empfohlen. Die Ergebnisse sollten jedoch nur auf sehr gut trainierte Athletinnen und Athleten übertragen werden, denn es gibt keine Evidenz, dass weniger geübte Läuferinnen und Läufer im gleichen Ausmass profitieren würden.

4.3.5 Zusammenfassung der Studie von Berryman et al. (2010)

Tabelle 18: Steckbrief der Studie von Berryman et al. (2010) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)

Berryman et al. (2010)	
Ziel	Ziel dieser Studie ist der Vergleich des Effekts der Krafttrainingsmethoden PTr und DWT (dynamisches Krafttraining) auf die Laufökonomie bei Langstreckenläufer.
Design	RCT
Stichprobe, Dropouts, Vergleichsgruppen	<p>35 mittel bis gut trainierte männliche Langstreckenläufer ohne Erfahrungen mit Krafttraining, sieben Dropouts. Die Teilnehmenden bestreiten Wettkämpfe auf regionalem Niveau (5 - 42.195 km) und trainieren drei bis siebenmal pro Woche</p> <p>PTr-Gruppe: PTr und Lauftraining, 11 Probanden</p> <p>DWT-Gruppe: DWT und Lauftraining, 12 Probanden</p> <p>K-Gruppe: Nur Lauftraining, fünf Probanden</p>
Datenerhebung	<p>Körperzusammensetzung (Körpermasse, BMI, Summe der Hautfalten)</p> <p>ECR, VO₂-Wert und VO_{2peak}-Wert</p> <p>Spitzenlaufbandgeschwindigkeit</p> <p>Kraftspitze (Ppeak)</p> <p>Sprungzeit und VJHpeak beim CMJ</p> <p>Perf3000 und aerobe Ausdauer (END)</p>
Intervention	<p>Acht Wochen Interventionsperiode mit wöchentlich zweimal Intervalltraining mit hoher Intensität, einmal wöchentlich kontinuierliches Ausdauertraining mit geringer Intensität</p> <p>PTr-Gruppe: DJ (20, 40 und 60 cm Höhe)</p> <p>DWT-Gruppe: Halbsquats mit Zusatzgewicht</p>
Datenanalyse	<p>Normalverteilung: Shapiro-Wilk-Test, Varianzhomogenität: Levene-Test, Zwei-Weg ANOVA (Zeit x Gruppe), Bonferoni-Post-Hoc-Test (Glossar), Pearson Produktmomentkorrelation (Glossar) zur Erkennung der</p>

Assoziation relevanter Parameter, Alpha Fehler: $p < 0.05$

Die Effektgrösse (ES) wurde mittels mathematischer Gleichung ermittelt

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Die Studie von Berryman et al. (2010) lieferte folgende Resultate:

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Zeit:

- **Perf3000:** Verbesserung in allen Gruppen: PTr-Gruppe ($ES = 0.46$, $p < 0.05$), DWT-Gruppe ($ES = 0.37$, $p < 0.05$), K-Gruppe ($ES = 0.20$, $p < 0.05$).

Haupteffekt bezüglich Zeit und Gruppe:

- Interaktion zwischen Zeit und Gruppe und einen Zeiteffekt für **Ppeak**. Grosse Zunahme bei DWT-Gruppe ($ES = 0.98$, $p < 0.01$), kleine Zunahme bei PTr-Gruppe ($ES = 0.24$, $p < 0.01$).
- Interaktion zwischen Zeit und Gruppe ($p < 0.05$) und einen Zeiteffekt für die ECR ($p < 0.01$). PTr-Gruppe verbesserte die ECR deutlicher als DWT-Gruppe, ECR blieb bei K-Gruppe unverändert.

Post-Hoc-Test: Leichte Abnahme in DWT-Gruppe ($ES = 0.62$, $p < 0.01$) und grosse Abnahme in PTr-Gruppe ($ES = 1.01$, $p < 0.01$).

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Gruppe:

- Verbesselter Zeiteffekt bei **VJHpeak**:
PTr-Gruppe ($ES = 0.52$, $p < 0.01$), DWT-Gruppe ($ES = 0.25$, $p < 0.01$)

Kein Haupteffekt:

- Körpermasse, BMI und Summe der Hautfalten, VO_{2max} -Werte, END
- VJHpeak bei K-Gruppe ($ES = 0.26$)
- Ppeak bei K-Gruppe ($ES = 0.04$)
- ECR bei K-Gruppe ($ES = 0.00$)

Limitationen:

- Nur männliche Teilnehmer wurden eingeschlossen.
- Das Krafttraining wurde nur einmal wöchentlich durchgeführt.

Die ausführliche Zusammenfassung der Studie von Berryman et al. (2010) ist im Anhang (Zusammenfassungen) ersichtlich.

4.3.6 Würdigung der Studie von Berryman et al. (2010)

Die Forschungsfrage ist zur Fragestellung dieser Arbeit kongruent. Das RCT Design ist für die Forschungsfrage passend, aber nicht explizit erwähnt. Die 35 männlichen Probanden wurden der Interventions- oder Kontrollgruppe randomisiert zugeteilt. Die interne Validität ist nur teilweise gegeben, da weder die Probanden noch die Untersuchenden geblindet waren. Auch die externe Validität ist nicht vollständig gegeben, denn das Zustandekommen der Stichprobe wird nicht beschrieben. Da die Population in der Fragestellung nicht direkt definiert wird, ist die Aussagekraft der Stichprobe für die Population nicht klar zu beschreiben. Eine globale Aussage für alle Langstreckenläuferinnen und -läufer kann nicht gemacht werden, weil nur mittel bis gut trainierte Athleten getestet wurden. Die Objektivität als auch die Reliabilität sind gegeben. Die Stichprobe ist repräsentativ für männliche mittel bis gut trainierte Langstreckenläufer, nicht aber für Frauen oder weniger beziehungsweise sehr gut trainierte Langstreckenläuferinnen und -läufer.

Es wird keine Sample Size Calculation durchgeführt. Dementsprechend ist die Stichprobengröße nicht angemessen. Die Vergleichsgruppe wurde aus derselben Population erstellt. Für die Fragestellung ist die Datenerhebung nachvollziehbar. Bei allen Teilnehmern waren die Messmethoden gleich und die Daten wurden komplett erhoben. Die Reliabilität und Validität der Messinstrumente ist gegeben. Die Auswahl der Messinstrumente wird sinnvoll beschrieben und ist nachvollziehbar. Da nach vier Wochen eine Zwischenmessung durchgeführt wurde, konnte das Zusatzgewicht jeweils individuell einem adäquaten Reiz angepasst werden. Die Trainingscompliance aller Probanden war mit 99% bei der DWT- und PTr-Gruppe und 100% bei der K-Gruppe ausreichend gegeben.

Die Studie wurde von der Research Ethics Board in Health Sciences of the University of Montreal, Canada geprüft und bestätigt. Die Ergebnisse sind präzise und werden in beschrifteten und verständlichen Tabellen dargestellt. Es werden alle Resultate diskutiert und die Interpretationen stimmen mit den Resultaten überein. Zudem wird auf Ergebnisse anderer Studien hingewiesen. Die Studie ist sinnvoll und für ihre Forschungsfrage angepasst. Die Autoren empfehlen weitere Studien zu diesem Thema. Das Forschungsziel wurde erreicht und die zu Beginn der Studie gestellte

Hypothese teilweise bestätigt. Die Autoren empfehlen, ein PTr oder DWT dem Training von mittel bis gut trainierten Langstreckenläufern hinzuzufügen.

4.3.7 Zusammenfassung der Studie von Saunders et al. (2006)

Tabelle 19: Steckbrief der Studie von Saunders et al. (2006) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)

Saunders et al. (2006)	
Ziel	Die Studie möchte aufzeigen, ob ein PTr, zusätzlich zum normalen Ausdauertraining durchgeführt, einen Effekt auf die Laufleistung bei Elitelangstreckenläufer hat.
Design	RCT, repeated-measures design
Stichprobe, Dropouts, Vergleichsgruppen	15 männliche Elitelangstreckenläufer mit Wettkampferfahrungen auf nationalem Niveau. Sechs Läufer nahmen schon an internationalen Wettkämpfen teil. Geringe Vorgeschichte mit Krafttraining. Durchschnittliche Laufkilometer pro Woche liegen bei 107 +/- 43 km PTr-Gruppe: PTr und Lauftraining, sieben Probanden K-Gruppe: Lauftraining und zusätzliches Dehnprogramm sowie Rumpfttraining, acht Probanden
Datenerhebung	ECR bei 14, 16 und 18 km/h VO _{2max} -Wert, Ventilation (O ₂), Herzfrequenz (HR), Schrittfrequenz, Laktat Maximale dynamische Kraft (MDS), Zeit die MDS zu erreichen Zeit bis zur maximalen Kraftentwicklung Rate der Kraftentwicklung (RFD): Kraft bei 30 ms (F30ms) Absprunghöhe und Sprunghöhe (Av jp ht)
Intervention	Neun Wochen Interventionsdauer, 3 x 30 min Training pro Woche und Lauftraining (in der erste Woche nur zwei Trainingseinheiten) Fitnessstudio: Beinpresse mit ca. 60% 1RM, Hamstrings-Curls, kontinuierliche Sprünge mit gestreckten Beinen, Squat-Jumps und schnelle Feet-Drills (Glossar). Aussenttraining auf einer

	Wiese: Bounding, High-Skipping, Einbeinsprünge, Zweibeinsprünge über Hürden und Scherensprünge (Glossar).
Datenanalyse	Varianzanalyse (Gruppe x Test x Geschwindigkeit), Mittelwerte mit Standardfehlern, VO_2 vs. Laufgeschwindigkeit auf Gruppenmittelwerte verglichen, Alpha-Fehler: $p < 0.05$

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Folgende Resultate erreichte die Studie von Saunders et al. (2006):

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Zeit:

- Keine signifikante Änderung in der Steigerung von VO_2 versus Laufgeschwindigkeit vor und nach neun Wochen Intervention. Dennoch wurde ein Trend einer geringen Steigerung des VO_2 versus Laufgeschwindigkeit nach neun Wochen PTr-Gruppe ersichtlich. Die Effektgrösse (ES) für die PTr-Gruppe ist bezüglich 14 km/h unauffällig und bezüglich 16 und 18 km/h klein.

Haupteffekt bezüglich Zeit und Gruppe:

- Abnahme des VO_2 bei der PTr-Gruppe nach neun Wochen.

Signifikanter Haupteffekt bezüglich Gruppe:

- Signifikante Reduktion des VO_2 -Wertes in der PTr-Gruppe von 4.16 ± 0.51 zu $3.99 \pm 0.46 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (4.1%, $p = .002$) nach neun Wochen.
- Die durchschnittliche Kraft in der PTr-Gruppe beim Five-Jump-Plyometric-Test war nach der Intervention etwas höher (14.7%, $p = 0.11$) die Zeit MDS zu erreichen tiefer (14.0%, $p = 0.09$) als vor der Intervention. Die PTr-Gruppe wies beim Five-Jump-Plyometric-Test eine kleine ES der Kraft und mittlere ES für die Höhe auf.
- Beim Strength Quality Assessment Test war die ES gering bei der PTr-Gruppe für RFD, F100ms (Kraft bei 100 ms) und Absprunzeit und grösser für die MDS Zeit. Alle erwähnten Variablen erzielten eine nicht signifikante ES in der K-Gruppe.

Kein Haupteffekt:

- VO_2 bei K-Gruppe unverändert nach neun Wochen.

- PTr-Gruppe: Keine signifikanten Änderungen bezüglich ECR (VO_2 nach fünf oder neun Wochen bei 14 km/h unverändert sowie keine Veränderung nach fünf Wochen für eine Laufgeschwindigkeit von 16 km/h).
- PTr- und K-Gruppe: Keine signifikanten Änderungen der ECR bei 18 km/h nach fünf Wochen.
- Keine Differenzen in den Kraftmessungen der beiden Gruppen. Der F30ms-Wert bei der PTr-Gruppe nach fünf Wochen hatte die Tendenz etwas höher zu sein ($p=0.07$).
- K-Gruppe: Effektgrößen aller Laufgeschwindigkeiten nicht signifikant.

Limitationen:

- Es wurden keine Gewichtsanpassungen innerhalb der Intervention durchgeführt.
- Es wurden nur männliche Eliteläufer bei einer kleinen Stichprobe eingeschlossen.
- Das Volumen und die Intensität der Intervention waren nicht ausreichend, um einen signifikanten Effekt des PTr aufzuzeigen.

Die ausführliche Zusammenfassung der Studie von Saunders et al. (2006) ist im Anhang (Zusammenfassungen) ersichtlich.

4.3.8 Würdigung der Studie von Saunders et al. (2006)

Die Studie und deren Forschungsfrage stimmen mit der Fragestellung dieser Arbeit überein. Es wird auf bereits vorhandene Studien verwiesen. Die Rekrutierung der Teilnehmenden wird nicht beschrieben und die externe Validität somit nicht vollständig erfüllt. Die Repräsentation der Stichprobe ist nur limitiert gegeben, da nur männliche Elitelangstreckenläufer ausgewählt wurden. Es wurde keine Sample Size Calculation durchgeführt und mit 15 Teilnehmenden ist die Stichprobengröße klein (PTr-Gruppe $n=7$). Die interne Validität ist wegen fehlender Blindung der Untersuchenden und Teilnehmenden zu 50% gegeben (PEDro 2-9). Dropouts werden nicht erwähnt, weshalb darüber keine gezielte Aussage gemacht werden kann. Die Zuteilung betreffend Niveau und Vorgeschichte mit Krafttraining erfolgte vor der Randomisierung in die beiden Gruppen. Die K-Gruppe ist mit der PTr-Gruppe vergleichbar.

Die Methoden der Datenerhebung sind bei allen Teilnehmern identisch und die Daten sind komplett erhoben. Die Messinstrumente sind reliabel, valide und sinnvoll ausgewählt. Die Studie wurde von dem Australian Institute of Sport Ethics Committee genehmigt. Die Interpretationen stimmen mit den Resultaten überein und werden in Bezug auf die Fragestellung und Hypothesen diskutiert. Nach dem Wissen der Autorinnen und Autoren dieser Studie konnte zuvor keine andere Studie eine verbesserte ECR durch PTr aufzeigen. Im Bereich der empirischen Trainingsmethoden zur Verbesserung der ECR von Langstreckenläuferinnen und -läufer besteht weiterhin Forschungsbedarf. Stärken und Schwächen werden nicht explizit aufgezeigt, jedoch wird eine Empfehlung zur weiteren Untersuchung von intensivem PTr abgegeben.

4.4 Übersicht Outcomes

Tabelle 20 zeigt zu welchen Parametern die jeweiligen Studien Daten erhoben haben.

Tabelle 20: Übersicht Outcomes (Sara Schultze, 2018)

Pellegrino et al. (2015)	Ramirez-Campillo et al. (2013)	Berryman et al. (2010)	Saunders et al. (2006)
O1 ECR	-	O1 ECR	O1 ECR
O2 VJHpeak	-	O2 VJHpeak	-
O3 Körpermasse	O3 Körpermasse	O3 Körpermasse	-
O4 BMI	O4 BMI	O4 BMI	-
-	-	O5 Hautfalten	-
O6 VO _{2max}	-	O6 VO _{2max}	O6 VO _{2max}
-	-	O7 END	-
-	-	O8 Ppeak	-
O9 Perf3000	-	O9 Perf3000	-
O10 SR	-	-	-
O11 Laktat	-	-	- O11 Laktat
O12 MHC	-	-	-
-	O13 DJ20 /DJ40	-	-
-	O14 SP20	-	-

Kapitel - 4 - Resultate

-	O15 Perf2400	-	-
-	O16 CSP	-	-
-	O17 CMJA	-	-
-	-	-	O18 HR
-	-	-	O19 Schrittfrequenz
-	-	-	O20 Av jp ht
-	-	-	O21 RFD
-	-	-	O22 F30ms
-	-	-	O23 F100ms
-	-	-	O24 Absprunzeit
-	-	-	O25 RER
T0 vor der Intervention	T0 vor der Intervention	T0 vor der Intervention	T0 vor der Intervention
T1 nach der Intervention	T1 nach der Intervention	T1 nach der Intervention	T1 nach 5 Wochen Intervention
			T2 nach 9 Wochen Intervention

O	Outcome	HR:	Heart rate, Puls
T	Messzeitpunkt	MHC:	Muskelbiopsie von Myosin und Titin
Av jp ht:	5 Sprung Plyometrie Test	Perf3000:	Test der Laufleistung über 3000 m
CMJA:	Counter-Movement-Jumps mit Armeinsatz	Perf2400:	Test der Laufleistung über 2400 m
CSP:	Kombinierte standardisierte Leistung	Ppeak:	Peak power, Kraftspitze
DJ20 / DJ40:	Drop-Jump von 20 und 40 cm Sprunghöhe	RER:	Respiratorischer Quotient
ECR:	Energy cost of running, Laufökonomie	RFD:	Rate der Kraftentwicklung
END:	aerobe Ausdauer	SR:	Sit-and-reach Test
F30ms:	Kraft bei 30 Millisekunden	SP20:	20 m Sprinttest
F100ms:	Kraft bei 100 Millisekunden	VJHpeak:	Maximal vertikale Sprunghöhe in cm

5. Diskussion

5.1 Studienvergleich

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob ein Explosivkrafttraining und/oder ein Plyometrietaining bei Langstreckenläuferinnen und -läufer die Laufleistung steigern kann. In den folgenden Untertiteln werden vier eingeschlossene Studien mit ihren Resultaten einander gegenübergestellt und diskutiert, um anschliessend die Fragestellung dieser Arbeit beantworten zu können.

5.1.1 PEDro-skala

Die Ergebnisse der PEDro-skala sind in Tabelle 15 (Kapitel 4.2) ersichtlich. Die Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) ist mit 7 von 11 Punkten qualitativ die beste.

Keine der vier inkludierten Studien hat das Selektionsverfahren der Probandinnen und Probanden näher beschrieben und erfüllen deshalb das ‚Item 1‘ der PEDro-skala nicht vollständig. Es ist davon auszugehen, dass sich die Teilnehmenden selber gemeldet haben und es nicht zu einer Zufallsstichprobe aus der Population gekommen ist. Der so entstandene Selektionsbias führt dazu, dass die Ergebnisse nur bedingt verallgemeinert werden können und folglich die externe Validität reduziert ist. Es gilt zu beachten, dass die Population aus leistungsorientierten Langstreckenläuferinnen und -läufer, sowie aus Freizeitläuferinnen und -läufer und Athletinnen und Athleten ohne Leistungsambitionen besteht. Die Ergebnisse können jeweils nur auf die entsprechende von der Stichprobe repräsentierte Gruppe von Läuferinnen und Läufer übertragen werden.

Die interne Validität ist aufgrund der fehlenden Blindung der Untersuchenden, Therapierenden und Teilnehmenden reduziert. Deshalb wurden bei allen Studien drei Punkte abgezogen (Item 5, 6, 7 der PEDro-skala). Die Untersucherinnen und Untersucher, welche die Tests zur Datenerhebung durchführten, hätten geblindet sein können, wenn sie weder die Probandinnen und Probanden noch deren Zuteilung zur PTr- beziehungsweise K-Gruppe kannten.

Die Studie von Berrymann et al. (2010) hat mit 5 von 11 Punkten die wenigsten Punkte erreicht. Zusätzliche Abzüge erhielten sie aufgrund der 20%-Dropout Rate, sodass von nicht mehr als 85% der ursprünglich zugeordneten Teilnehmenden mindestens ein zentrales Outcome gemessen werden konnte. Dies beeinflusst die Resultate und sollte bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Bei den Studien von Pellegrino et al. (2015), Berrymann et al. (2010) und Saunders et al. (2006) wurden die Gruppen nicht verborgen zugeordnet.

5.1.2 Charakteristikum der Stichproben

Die Stichproben der vier verwendeten Studien unterscheiden sich bezüglich diversen Parametern. Die wichtigsten Punkte sind in Tabelle 21 aufgeführt. Die von Pellegrino et al. (2015) eingeschlossenen Probandinnen und Probanden weisen einen gemässigten allgemeinen Trainingsstatus auf. Sie führten in den letzten drei Monaten kein PTr durch. Ramirez-Campillo et al. (2013) schlossen nur sehr gut trainierte Langstreckenläuferinnen und -läufer ein. Alle verfügen über mindestens zwei Jahre Wettkampferfahrung auf nationalem und internationalem Niveau. Die Teilnehmenden führten in den sechs Monaten vor der Intervention kein Explosivkrafttraining durch. In der Studie von Berryman et al. (2010) nahmen mittel bis gut trainierte männliche Langstreckenläufer ohne Erfahrungen mit Krafttraining teil. Die Teilnehmenden bestritten regionale Wettkämpfe über Distanzen zwischen 5 bis 42.195 km und trainierten zwischen drei- und siebenmal wöchentlich.

Die Teilnehmer der Studie von Saunders et al. (2006) waren männliche Elitelangstreckenläufer mit Wettkampferfahrung auf nationalem Niveau, wobei sechs Läufer bereits an internationalen Wettkämpfen teilgenommen haben. Alle Teilnehmer hatten nur wenig Erfahrung mit Krafttraining. In Bezug auf die wöchentlich absolvierten Trainingskilometer unterscheiden sich die Stichproben der inkludierten Studien erheblich. Die Spannweite liegt grob zwischen 36.2 +/- 4.3 km (Pellegrino et al., 2015) und 107.0 +/- 43.0 km (Saunders et al., 2006).

Der unterschiedliche Trainingsstatus der Teilnehmenden wird durch die grossen Unterschiede des durchschnittlichen VO_{2max} der Stichproben unterstrichen. Das

Durchschnittsalter der Sportlerinnen und Sportler unterscheidet sich zum Teil massgeblich. Die Stichproben von Berryman et al. (2010) und Saunders et al. (2006) bestanden ausschliesslich aus Männern und können daher nur bedingt mit den Ergebnissen der Studien von Pellegrino et al. (2015) und Ramirez-Campillo et al. (2013) und deren geschlechterdurchmischten Stichproben verglichen werden.

Ramirez-Campillo et al. (2013) führten als Einzige eine Sample Size Calculation durch. Gestützt auf den Resultaten einer anderen Studie (Paavolainen et al., 1999) berechneten sie ein Minimum von 15 Teilnehmenden pro Gruppe. Schlussfolgernd kann davon ausgegangen werden, dass die anderen drei Studien mit weniger als 15 Teilnehmenden pro Gruppe zu kleine Stichproben verwendet haben. Auffällig ist, dass bei Berryman et al. (2010) aufgrund der vielen Dropouts in der K-Gruppe nur noch fünf Teilnehmer verblieben, weshalb diese Gruppe nicht mehr halb so gross wie die PTr-Gruppe war, was sich signifikant auf die Ergebnisse auswirkt. Tabelle 21 zeigt eine Übersicht der erwähnten Unterschiede zwischen den Stichproben.

Tabelle 21: Unterschiede der Stichproben der inkludierten Studien (Natascha Halbeck, 2018)

Studie	Pellegrino et al. (2015)	Ramirez-Campillo et al. (2013)	Berryman et al. (2010)	Saunders et al. (2006)
PTr-Gruppe	n= 11	n= 18	n= 11	n= 7
DWT-Gruppe	-	-	n= 12	-
K-Gruppe	n= 11	n= 18	n= 5	n= 8
Trainings- kilometer pro Woche (km · wk⁻¹)	K-Gruppe: 29.5 +/- 4,6 km PTr-Gruppe: 36.2 +/- 4,3 km	K-Gruppe: 70.0 +/- 19.3 km PTr-Gruppe: 64.7 +/- 18.8 km	Keine Daten	K-Gruppe: 114.0 +/- 39.8 km PTr-Gruppe: 102 +/- 48.1 km
VO_{2max} (ml·min⁻¹·kg⁻¹)	K-Gruppe: 47.7 +/- 2.3 PTr-Gruppe: 48.0 +/- 1.8	Keine Daten	K-Gruppe: 55.7 +/- 8.2 DWT-Gruppe: 57.5 +/- 6.7 PTr-Gruppe: 57.5 +/- 6.5	K-Gruppe: 70.4 +/- 6.2 PTr-Gruppe: 67.7 +/- 6.2
Alter	22.1 +/- 2.7 Jahre	K-Gruppe: 34.2 +/- 2.6 Jahre PTr-Gruppe: 32.5 +/- 2.0 Jahre	K-Gruppe: 29.0 +/- 11.0 Jahre DWT-Gruppe: 31.0 +/- 7.0 Jahre PTr-Gruppe: 29.0 +/- 8.0 Jahre	K-Gruppe: 24.9 +/- 3.2 Jahre PTr-Gruppe: 23.4 +/- 3.2 Jahre

5.1.3 Intervention

Pellegrino et al. (2015) beschrieben die Gesamtzahl der Trainings während der Intervention (15 PTr während sechs Wochen), jedoch nicht die wöchentliche Trainingsanzahl. Da beschrieben wird, dass die Intensität kontinuierlich gesteigert wurde, kann eine durchschnittliche Durchführung von zwei- bis dreimal wöchentlich erschlossen werden. Saunders et al. (2006) führten jeweils dreimal pro Woche ein PTr durch. Die PTr- und DWT-Gruppe von Berryman et al. (2010) führten neben dem Ausdauertraining das PTr oder Krafttraining einmal pro Woche durch. Die Teilnehmenden bei Ramirez-Campillo et al. (2013) trainierten jeweils zweimal wöchentlich.

Hüter-Becker und Dölken (2005) sehen die Erholung zwischen den Trainings als nicht zu unterschätzenden Faktor und empfehlen zwei PTr pro Woche als optimalen Trainingsreiz zur Leistungssteigerung. Als einander folgende Phasen, stellen Belastung und Erholung einen einheitlichen Prozess dar. Ein erneuter plyometrischer Trainingsreiz sollte die individuelle Regenerationsdauer berücksichtigen, wobei die erneute Belastung zum Zeitpunkt der maximalen Regeneration ideal wäre. Wenn die Erholungsphase zu lange ist, ist die Leistungsentwicklung langsamer. Die Erholungsdauer des PTr beträgt laut Bant et al. (2011) circa 72 Stunden, also drei Tage. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass die Studien von Pellegrino et al. (2015), Ramirez-Campillo et al. (2013) und Saunders et al. (2006) mit zwei- bis drei PTr pro Woche eine gute Dosierung gewählt haben.

Bei Berryman et al. (2010) wurde als einzige Studie nur einmal wöchentlich PTr durchgeführt. Die Trainingshäufigkeit scheint passend, da es sich bei der Stichprobe um Langstreckenläufer ohne Erfahrung mit Krafttraining handelte. Ein häufiger durchgeführtes PTr könnte in einer Überlastung resultieren. Erst nach einem nach vier Wochen durchgeführten Zwischentest wurde die Intensität den Probanden angepasst, was die niedrige Anfangsdosierung wiederum berechtigt.

5.1.4 Trainingsinhalt

Hegner (2012) empfiehlt zwei PTr wöchentlich durchzuführen, mit drei Serien zu drei bis acht Wiederholungen, Pausen von fünf Sekunden und Serienpausen von drei

Minuten. Hegner (2012) empfiehlt die Trainingselemente CMJ, kurze Sprungserien über Hürden und den DJ mit kurzer Amortisationsphase.

Ramirez-Campillo et al. (2013) und Berryman et al. (2010) verwendeten den DJ als einziges Trainingselement in ihren Interventionen, was eine sehr spezifische Aussage über dessen Wirksamkeit erlaubt. Die Sprunghöhen (20, 40 und 60 cm) sind ebenfalls identisch. Berryman et al. (2010) ermittelten mittels vorgängig erhobenem VJHpeak die Höhe individuell, wohingegen Ramirez-Campillo et al. (2013) alle drei Sprunghöhen in den Trainings angewandt hat. Laut Hegner (2012) ist der Belastungsreiz optimal, wenn die Absprunghöhe bei den DJ, den Voraussetzungen der Athletinnen und Athleten, individuell angepasst werden. Ramirez-Campillo et al. (2013) empfehlen 60 Sprünge (zwei Serien à 10 Sprünge pro Sprunghöhe) pro Training bei zweimal wöchentlicher Durchführung. Dies stellt eine hohe Belastung für Athletinnen und Athleten ohne vorgängige Erfahrung mit PTr dar (Kapitel 3.6). Obwohl Berryman et al. (2010) ihre Trainings ebenfalls sehr umfassend gestalten (drei bis sechs Serien, acht Repetitionen), war die Belastung geringer, da nur einmal wöchentlich trainiert wurde.

Pellegrino et al. (2015) orientierten ihre Trainingsinhalte an der Studie von Spurrs et al. (2003) und übernahmen deren Trainingselemente mit Ausnahme weniger Anpassungen. Pro Training wurden 60 bis 228 Sprünge durchgeführt. Diese Dosierung scheint intensiv, jedoch ist der Vergleich mit den anderen inkludierten Studien nur bedingt möglich, da Pellegrino et al. (2015) die verwendeten Trainingselemente bezüglich Dosierung und Häufigkeit nicht detailliert beschrieben hat. Saunders et al. (2006) haben in ihrer Intervention eine Vielzahl unterschiedlicher Trainingselemente eingeschlossen. Obwohl von einem PTr gesprochen wird, haben nicht alle Übungen einen plyometrischen Charakter. Zu nennen sind hier die durchgeführten Hamstrings-Curls und die Übungen auf der Beinpresse. Im Studentext wird die Auswahl der Übungen nicht begründet.

5.1.5 Messmethoden

Pellegrino et al. (2015), Ramirez-Campillo et al. (2013) und Berryman et al. (2010) überprüften die erwartete Laufleistungssteigerung mittels Perf2400 und Perf3000. Die Einfachheit dieses Tests und seine Stellung als Schlüsselparameter rechtfertigt

dessen Durchführung. Nur Saunders et al. (2006) verzichteten auf die Durchführung eines derartigen Tests und erhoben stattdessen während einem Laufbandtest folgende Parameter zur Analyse der Leistungsfähigkeit: ECR, Atemzusammensetzung, Puls, Schrittfrequenz und Blutlaktatwert. In dieser Studie handelte es sich um sehr gut trainierte Probanden, welche im Bereich ECR und VO_{2max} geringe bis gar keine Veränderungen erreichen konnten, aufgrund ihres schon sehr stark ausgeschöpften Potenzials. Aufzuzeigen, inwiefern sie ihre Laufzeit über eine bestimmte Distanz hätten verbessern können, wäre interessant gewesen.

Ramirez-Campillo et al. (2013) wandten zwei unterschiedliche Tests an, um die Leistungsfähigkeit der Läuferinnen und Läufer bezüglich einer festgelegten Distanz zu ermitteln (SP20 und Perf2400). Sie verzichteten jedoch auf die Erhebung von VO_{2max} und ECR. Die Vollständigkeit ist wie in Kapitel 1.2 erwähnt nicht gegeben, da zur Bestimmung der Laufleistung die Parameter VO_{2max} , ECR und die anaerobe Schwelle benötigt werden.

Der VO_{2max} wird üblicherweise während einem maximalen Leistungstest erhoben (Hegner, 2012). Diese Herangehensweise ist bei Pellegrino et al. (2015), Berryman et al. (2010) und Saunders et al. (2006) ersichtlich. Berryman et al. (2010) erhoben den VO_{2peak} , welcher gemäss Brala (2017) beim gesunden Menschen mit dem VO_{2max} identisch ist und somit ebenfalls einen Indikator für die Leistungsfähigkeit darstellt. Pellegrino et al. (2015) und Berryman et al. (2010) erhoben während dem gleichen maximalen Leistungstest auch die ECR. Nur Saunders et al. (2006) entschieden sich die ECR während einem separaten submaximalen Geschwindigkeitstests zu ermitteln. In Kapitel 1.2 wurde die ECR als O_2 -Bedarf während einer Laufleistung im submaximalen Bereich definiert. Folglich ist es sinnvoll, dass Saunders et al. (2006) die ECR während einem separaten submaximalen Geschwindigkeitstests ermittelt haben, denn die Definitionen der Variablen VO_{2max} und ECR verlangen zwei unterschiedliche Testungen.

5.1.6 Reproduzierbarkeit

Die Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) ermöglicht dank detaillierter Beschreibung der Intervention eine genaue Reproduzierbarkeit. Die Intervention von Pellegrino et al. (2015) wurde nicht detailliert beschrieben. Die Autoren verweisen auf

die Studie von Spurrs et al. (2003), bemerken, dass sie Adaptionen vorgenommen haben, welche jedoch nicht ausführlich beschrieben werden. Zudem wird nur die Gesamtanzahl Trainings während der Intervention erwähnt, jedoch bleibt die wöchentliche Trainingsanzahl ungenannt. Die angegebene Anzahl von Sprüngen pro Trainings (60 - 228) lässt einen grossen Spielraum zu, wodurch die Reproduzierbarkeit leidet. Im Studientext ist keine Aufzählung der verwendeten plyometrischen Methoden zu finden und die mutmasslich angewendeten Trainingselemente müssen bei Spurrs et al. (2003) nachgelesen werden.

Berryman et al. (2010) weisen eine detaillierte Beschreibung der Intervention und auch des Ausdauertrainings auf. Anhand einer Tabelle der Studie wird das gesamte Ausdauertraining mit Ausmass, Intensität und Angaben der Pausen sehr präzise dargestellt und ist reproduzierbar. Dasselbe gilt für die Studie von Saunders et al. (2006). Sie bieten eine gute Beschreibung sowie eine Übersichtstabelle mit den Übungen, Anzahl Wiederholungen und Serien in den einzelnen Wochen.

5.1.7 Datenanalyse

Alle inkludierten Studien verwendeten unter anderem als statistisches Verfahren die Varianzanalyse (ANOVA), dies ist durch die mindestens intervallskalierte Variablen gerechtfertigt. Das Signifikanzniveau liegt standardmässig bei allen Studien bei $p < 0.05$. Einzelne Ergebnisse von Berryman et al. (2010) entsprechen einem Signifikanzniveau von $p < 0.01$, wodurch die Signifikanz der Resultate bekräftigt wird. Bei der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) wurden die Normalverteilung und Varianzhomogenität mittels Shapiro-Wilk- und Levene-Test überprüft. Bei den anderen drei Studien ist keine gezielte Aussage diesbezüglich möglich, da die Tests nicht durchgeführt wurden.

5.1.8 Resultate

Einen verbesserten VO_{2max} -Wert der PTr-Gruppe im Vergleich zur K-Gruppe konnte lediglich Pellegrino et al. (2015) feststellen. Der Zusammenhang könnte beim Trainingsstatus der Stichprobe liegen, weil nur Amateurläuferinnen und -läufer teilnahmen. Paavolainen et al. (1999) erklärten, dass der VO_{2max} bei wenig trainierten

Läuferinnen und Läufer ein guter Prädiktor für Leistung ist. Für gut bis sehr gut trainierte Läuferinnen und Läufer eignet sich die ECR besser.

Pellegrino et al. (2015), Berryman et al. (2010) und Saunders et al. (2006) haben die ECR erhoben. In der Studie von Pellegrino et al. (2015) und Berryman et al. (2010) konnte die PTr-Gruppe im Vergleich zu den anderen Vergleichsgruppen die ECR verbessern. Nur Saunders et al. (2006) konnte keine signifikante Verbesserung der ECR aufweisen. Eine mögliche Erklärung ist die rein aus Eliteläuferinnen und -läufer bestehende Stichprobe. Sehr gut trainierte Teilnehmende zeigen in der Regel ein kleineres Potenzial für Veränderungen auf, weil sie bereits auf einem hohen Niveau starten.

Der VJHpeak wurde von zwei der vier Studien gemessen. Die Studie von Pellegrino et al. (2015) konnte bei der PTr-Gruppe keine Veränderung feststellen. Denkbar wäre, dass die Intensität des Sprungtrainings zu hoch dosiert war und somit der Effekt des Trainings nicht deutlich ersichtlich werden konnte. Da es bei der K-Gruppe zu einer Verschlechterung kam, ist anzunehmen, dass reines Ausdauertraining die Sprungkraft negativ beeinflusst. Bei der Studie von Berryman et al. (2010) konnte bei der K-Gruppe kein Unterschied und bei der PTr-Gruppe eine signifikante Steigerung festgestellt werden. Die PTr-Gruppe führte ein Sprungtraining mittels DJ durch. Offensichtlich erwies sich dieses Trainingselement als sehr effizient für die Steigerung der Sprungkraft.

Zusätzlich erhoben diese beiden Studien die Perf3000. Pellegrino et al. (2015) konnten eine grössere Verbesserung bei der PTr-Gruppe als bei der K-Gruppe feststellen. Auch Berrymann et al. (2010) konnten in allen Gruppen eine verbesserte Perf3000, in der PTr- und DWT-Gruppe eine mittlere Verbesserung und in der K-Gruppe eine kleine Verbesserung feststellen. Die Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) hat einen Test der Laufleistung über 2400 m durchgeführt. Auch hier konnte eine signifikante Reduktion der Zeit bei der PTr-Gruppe nach der Intervention erkannt werden. Die kürzere Laufzeit über 2.4 km und 3 km bestätigt die Hypothese, dass PTr die Laufleistung verbessern kann.

Bezüglich Körpermasse und BMI kam es aufgrund der kurzen Interventionsdauer bei keiner der Studien zu Veränderungen (erhoben bei Pellegrino et al., 2015, Ramirez-Campillo et al., 2013 und Berryman et al., 2010).

Berryman et al. (2010) konnte beim Ppeak einen kleinen Anstieg in der PTr-Gruppe und einen grossen Anstieg in der DWT-Gruppe aufzeigen. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass die DWT-Gruppe in ihrer Intervention hauptsächlich Squats mit Zusatzgewichten durchgeführt hat, was genau der Ppeak Messung entspricht. Die PTr-Gruppe führte nur DJ in ihrer Intervention durch, aber nicht spezifisch Squats mit Zusatzgewicht.

Pellegrino et al. (2015) und Saunders et al. (2006) konnten bezüglich Laktat keine signifikanten Änderungen finden.

Studie Pellegrino et al. (2015)

Die Hauptmotivation von Pellegrino et al. (2015) lag nicht bei der Erforschung eines Effekts von PTr auf die Laufleistung, sondern sie versuchten auf Muskelebene die durch ein PTr ausgelösten Veränderungen aufzuzeigen. Trotzdem wurde ein positiver Effekt des PTr auf die Laufleistung gefunden und somit eignet sich auch diese Studie zur Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit.

Studie Ramirez-Campillo et al. (2013)

Die PTr-Gruppe konnte eine signifikante Verbesserung der explosiven Sprungkraft für DJ20 ($p < 0.001$, 12.7%) und DJ40 ($p < 0.001$, 16.7%) erreichen. In der PTr-Gruppe konnte ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Sprunghöhe ($p < 0.001$, 8.9%) beim CMJ gemessen werden. Ein signifikanter Zusammenhang wurde bezüglich initialer 2.4 km Laufzeit und der relativen Veränderung der Explosivkraftleistung während dem DJ bei 40 cm gefunden. Gemeinsam bekräftigen die Ergebnisse die Hypothese einer verbesserten Laufleistung bei Langstreckenläuferinnen und -läufer durch PTr.

Studie Saunders et al. (2006)

Den Hauptbefund dieser Studie bildet die verbesserte ECR der PTr-Gruppe im Vergleich zur K-Gruppe nach der Intervention. Bei den Kraftgrössen in den beiden

Gruppen konnten keine Differenzen gemessen werden. Lediglich der F30ms-Wert lag bei der PTr-Gruppe nach fünf Wochen etwas höher ($p=0.07$). Beim Five-Jump-Plyometric-Test und beim MDS konnte nur ein Trend jedoch keine Signifikanz festgestellt werden.

Die Autorinnen und Autoren erwähnen, dass wahrscheinlich nicht nur die ECR, sondern auch die Kraft, Lauftechnik sowie Bodenkontaktzeit durch das PTr positiv beeinflusst werden können. Diese Studie konnte jedoch mit Ausnahme einzelner Trends keine signifikanten Resultate aufzeigen. Zur Bestätigung dieser Hypothese wäre weitere gezielte Forschung notwendig. In der Literatur wird diese Hypothese mit der Erklärung bekräftigt, dass die Reaktivkraft als Komponente der Schnellkraft, die Impulsgeneration der Läuferin und des Läufers innerhalb des DVZ verbessert, was wiederum die Lauftechnik sowie die Bodenkontaktzeit positiv beeinflusst (Marquardt et al., 2012). Wird die muskuläre Kraft verbessert, können bei Bewegungsmustern, die durch eine automatische Reflexantwort (z.B. DVZ) unterstützt werden, höhere Kraftspitzen erreicht werden. Beim DVZ wird ein derartiger Reflex ausgelöst, was wiederum die Hypothese bekräftigt, dass PTr die Kraftspitze steigern kann (Marquardt et al., 2012).

5.1.9 Limitationen

Ramirez-Campillo et al. (2013) haben als einzige der vier Studien einen Levene-Test und Shapiro-Wilk-Test zur Überprüfung der Varianzhomogenität und Normalverteilung durchgeführt. Daraus lässt sich schliessen, dass die anderen drei Studien die Normalverteilung wie auch die Varianzhomogenität nicht überprüft haben. Bei den Studien von Pellegrino et al. (2015) und Ramirez-Campillo et al. (2013) konnte keine adäquate Reizanpassung innerhalb der Intervention getroffen werden, da im Verlauf der Intervention keine Zwischenmessungen durchgeführt wurden. Andernfalls wäre das Ergebnis womöglich deutlicher ausgefallen. Die längste Interventionsdauer wies die Studie von Saunders et al. mit neun Wochen auf. Die Interventionen von Pellegrino et al. (2015) und Ramirez-Campillo et al. (2013) dauerten je sechs Wochen. Womöglich führten die längeren Interventionsdauern von acht beziehungsweise neun Wochen bei Berryman et al. (2010) und Saunders et al.

(2006) zu deutlicheren muskulären Veränderungen im Vergleich zu den anderen beiden Studien.

5.2 Beantwortung der Fragestellung und Hypothesen

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Effekt eines PTr und/oder Explosivkrafttrainings auf die Laufleistung von Langstreckenläuferinnen und -läufer. Anhand der vier inkludierten Studien konnte bezüglich PTr eine positive Wirkung belegt werden.

Zusätzlich führte die Studie von Berryman et al. (2010) ein dynamisches Krafttraining durch. Wie in Kapitel 3.5.1 beschrieben, ist das Explosivkrafttraining die maximale Kraftbildung innerhalb einer Bewegung und während kürzester Zeit. Die DWT-Gruppe führte die Trainingselemente möglichst explosiv aus, folglich handelt es sich um ein Explosivkrafttraining. Im Vergleich zur PTr-Gruppe, erzielte die DWT-Gruppe einen besseren Ppeak. Die PTr-Gruppe erreichte jedoch eine grössere Verbesserung der ECR und des VJHpeaks.

Pellegrino et al. (2015) konnten in ihrer Studie aufzeigen, dass die Probandinnen und Probanden der PTr-Gruppe nach sechs Wochen PTr ihre Laufleistung und ECR verbessern konnten.

Die Intervention von Ramirez-Campillo et al. (2013) konnte zeigen, dass die explosive Sprungkraft-, sowie die Laufleistung von sehr gut trainierten Läuferinnen und Läufer durch ein PTr verbessert wurden. Bemerkenswert war der relativ geringe wöchentliche Zeitaufwand des PTr (1h/Woche). Zudem stellten sie fest, dass bei Probandinnen und Probanden mit initial guter Leistung (Perf2400) die Verbesserung bei DJ40 umso grösser war. Somit konnten die sehr gut trainierten Läuferinnen und Läufer ihre Explosivkraft stärker entwickeln als schwächere Läuferinnen und Läufer.

Die Studie von Saunders et al. (2006) konnte eine kleine Veränderung der ECR feststellen, die kardiorespiratorischen Variablen ($\text{VO}_{2\text{max}}$, Blutlaktatwert etc.) blieben jedoch unverändert. Sie begründeten dies mit dem wahrscheinlich nicht ausreichenden Volumen und Intensität der Intervention, um die plyometrie-spezifischen Variablen signifikant zu verändern. Zudem handelte es sich um

Eliteläuferinnen und -läufer in einem dementsprechend sehr gut trainierten Zustand. Es ist anzunehmen, dass ihr Potenzial bezüglich Laufleistung mit einer derartigen Intervention nicht zu verändern ist.

Pellegrino et al. (2015) konnten trotz fehlender Erhebung der Muskelsteifigkeit, einen Zusammenhang zwischen der vertikalen Sprunghöhe, der reduzierten Flexibilität und der gesteigerten ECR feststellen. Dies bestätigt die Hypothese, dass PTr den MSK stärkt (Kapitel 3.6) und somit zur Steigerung der Laufleistung führen kann. Bant et al. (2011) sowie auch Spurrs et al. (2003) beschrieben, dass das PTr die Festigkeit der Sehnen und des muskulären Bindegewebes anpasst.

Ramirez-Campillo et al. (2013) vermuteten, dass der positive Effekt des PTr massgeblich durch neurale Anpassungen verursacht wird. Dies korreliert mit der hergeleiteten Hypothese (Kapitel 3.6), dass das neuromuskuläre System ein schnelles Umschalten von exzentrischer zu konzentrischer Kontraktion ermöglicht und dies durch Training optimiert werden kann. Bant et al. erwähnen die neuronale Voraktivierung sowie die Reflexaktivierung als Anpassungen die durch Training mittels DVZ hervorgerufen werden können. Auch dies unterstützt die Hypothese, dass durch PTr die Laufleistung positiv beeinflusst werden kann, da durch eine neuronale Voraktivierung eine bessere, beziehungsweise schnellere Rekrutierung der Muskelfasern erzielt werden kann, was wiederum eine vergrösserte Kraft zur Folge hat.

5.3 Limitationen dieser Arbeit

Der Vergleich der inkludierten Studien ist aufgrund folgender Faktoren schwierig: Charakter und Grösse der Stichproben, unterschiedliche Leistungsniveaus, Geschlechterverhältnis, Trainingsdosierung und Interventionsinhalt. Die Ergebnisse können deshalb nicht vollumfänglich verallgemeinert werden und erlauben nur eine grobe Empfehlung bezüglich Verwendung des PTr. Allgemein gibt es noch nicht viele aussagekräftige Studien zu dieser Fragestellung, weshalb ein weiterer Forschungsbedarf besteht.

Eine klare Trennung der verschiedenen Kraftarten ist aufgrund der teilweise in der Literatur widersprüchlichen Definitionen schwierig. Die für diese Arbeit verwendete

Definitionen der Kraftarten wurden ausschliesslich anhand deutscher Literatur verfasst. Die Studien sind jedoch in englischer Sprache geschrieben, wodurch Probleme beim Übersetzten auftraten. Besonders der Umgang mit Begrifflichkeiten bezüglich Kraftarten wird in Deutsch und Englisch unterschiedlich gehandhabt.

6. Schlussfolgerung

Anhand der belegten positiven Auswirkungen des PTr auf die Laufleistung, kann eine Integration in das herkömmliche Lauftraining empfohlen werden. Jedoch können nicht alle Athletinnen und Athleten gleichermassen von einem derartigen Training profitieren. Professionelle Begleitung und Schulung ist zur Vermeidung von Verletzungen und Überbelastung unerlässlich.

Ramirez-Campillo et al. (2013) empfehlen mittel bis sehr gut trainierten Läuferinnen und Läufer eine regelmässige Durchführung von PTr zusätzlich zu ihrem Training, um einen positiven Effekt zu erreichen. Zur optimalen Erstellung eines Trainingsplans sollten Trainerinnen und Trainer gemäss Berryman et al. (2010) ein Assessment zur Bestimmung der ECR durchführen.

Die Läuferinnen und Läufer mit initial bester ECR, weisen das höchste Potential zur Steigerung der explosiven Sprungkraftfähigkeit auf. Positive Anpassungen können nach einer Trainingsperiode von sechs Wochen erwartet werden. Grundsätzlich sollte der Fokus auf der Intensität und nicht auf dem Volumen des PTr liegen. Saunders et al. (2006) betonen ihrerseits die zusätzlichen Auswirkungen eines PTr auf die Kraftentwicklung, Lauftechnik und kurzer Bodenkontakt, weshalb sie ein derartiges Training für Eliteläuferinnen und -läufer empfehlen.

Für das genaue Verständnis der Mechanismen von PTr sind weitere Untersuchungen notwendig. Pellegrino et al. (2015) zeigten mit der Analyse der Muskelproteine einen Forschungsansatz in diese Richtung. Wenn besser verstanden wird, welche Veränderungen auf dieser Ebene stattfinden, können spezifischere und exaktere Trainingsempfehlungen abgegeben werden. Leider konnten Pellegrino et al. (2015) in ihrem Studiendesign keine signifikanten Veränderungen nachweisen, was jedoch mit der Interventionsdauer in Zusammenhang stehen kann. Sechs Wochen PTr waren wahrscheinlich nicht ausreichend um grosse Veränderungen auf muskulärer Ebene zu etablieren. Folglich sind weitere Studien mit längerer Dauer empfehlenswert.

Die Auswertung der Studien hat gezeigt, dass der Effekt des PTr vom Trainingszustand der Sportlerinnen und Sportler abhängig ist. Aus diesem Grund wäre es interessant in einer weiterführenden Studie diesen Zusammenhang genauer zu untersuchen. Es wäre denkbar die unterschiedlichen Interventionsgruppen anhand der momentanen Leistungsfähigkeit zu unterteilen um somit den spezifischen Effekt des PTr veranschaulichen zu können. Dadurch könnte detaillierter aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die Intervention auf Läuferinnen und Läufer unterschiedlicher Leistungsniveaus hat.

Obwohl die DWT-Gruppe von Berryman et al. (2010) mit dem Explosivkrafttraining die Laufleistung verbessern konnte, können mit PTr bessere Resultate erreicht werden, weshalb dieses Training vorzuziehen ist.

7. Praxistransfer

In diesem Kapitel sollen die für die Physiotherapie relevanten Ergebnisse und deren Transfer in die Praxis aufgezeigt werden. PTr ohne das Vorhandensein wichtiger Voraussetzungen, wie in Kapitel 3.6.2 beschrieben wurde, kann zu Verstärkung von Fehlhaltungen, Überlastungen oder sogar zu Verletzungen führen.

Die Physiotherapeutin und der Physiotherapeut können für Läuferinnen und Läufer eine gezielte Patientenedukation durchführen, mit dem Ziel die Relevanz eines begleitenden Krafttrainings aufzuzeigen, um somit die zukünftige Integration in den Trainingsplan zu fördern. Zur Patientenedukation gehören Angaben zur Dosierung und Erklären der Wirkung des Trainings, wie zum Beispiel Steigerung der MSK-Steifigkeit und verbesserte Sprungkraft oder Laufleistung. Die korrekte Dosierung richtet sich prinzipiell nach Trainingserfahrung und Trainingsstatus der trainierenden Person. Hüter-Becker und Dölken (2005) empfehlen als Richtwert zwei bis drei PTr pro Woche. Wie bei Ramirez-Campillo et al. (2013) aufgezeigt, lässt sich dies auf sehr gut trainierte Läuferinnen und Läufer übertragen. Für weniger geübte Läuferinnen und Läufer eignet sich laut Berryman et al. (2010) ein einmal wöchentlich durchgeführtes PTr, um keine Überlastungserscheinungen hervorzurufen.

Neben der leistungssteigernden Wirkung hat PTr zusätzlich eine präventive Wirkung. So kann durch ein PTr ein verbesserter funktioneller Einsatz (für die gewünschte Sportart) ermöglicht werden, was wiederum degenerativen Veränderungen oder einer Verletzung präventiv entgegenwirken kann.

Ein Vorteil des PTr ist die einfache Durchführbarkeit, da es nicht ortsgebunden ist und wenig Material benötigt. Es ist zugänglich für alle Läuferinnen und Läufer, unabhängig ihres Leistungsniveaus.

Literaturverzeichnis

- Bamberg, G., Baur, F. & Kapp, M. (2008). *Statistik*. (14. Aufl.). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Bant, H., Haas, H-J., Oprey, M. & Steverding, M. (2011). *Sportphysiotherapie*. Italien: Thieme.
- Basset, D.R., & Howley, E.T. (2000). *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance*. *Medicine and science in sports and exercise*, 32, 70-84.
- Bosco, C., Montanari, G., Ribacchi, R., Giovenali, P., Latteri, F., Iachelli, G., Faina, M., Colli, R., Dal Monte, A., & La Rosa, M. (1987). *Relationship between the efficiency of muscular work during jumping and the energetics of running*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987;56(2):138–43.
- Brala, D. (2017). *Kardiozirkulatorische und echokardiographische Untersuchungen sowie kardiale Biomarker während Stresstests bei Patienten mit asymptomatischer höhergradiger Aortenstenose*. Dissertation, Charité – Universitätsmedizin Berlin.
- Bulbulian, R., Wilcox, A.R., & Darabos, B.L. (1986). *Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes*. *Med Sci Sports Exerc* 18: 107–113, 1986.
- Burns, N. & Grove, S. K. (2005). *Pflegeforschung verstehen und anwenden*. München: Urban & Fischer.
- Chu, D.A. (1992). *Jumping into plyometrics*. Champaign, Illinois: Leisure Press.
- Chu, D.A., & Myer, G.D. (2013). *Plyometrics*. Champaign: Human Kinetics.
- Cook, G. (2011). *Der Perfekte Athlet - Spitzenleistungen durch functional training* (4. Aufl.). München: riva Verlag.
- Fahrmeir, L., Künstler, R., Pigeot, I. & Tutz, G. (2010). *Statistik, der Weg zur Datenanalyse*. (7. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Hartung, J. (2009). *Statistik, Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. (15. Aufl.). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Hegner, J. (2012). *Training – fundiert erklärt. Handbuch der Trainingslehre*. (5. Aufl.). Herzogenbuchsee: INGOLD Verlag.

- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2010). *Trainingswissenschaft, Ein Lehrbuch in 14 Lektionen*. Aachen: Meyer und Meyer Verlag.
- Houmard, J.A., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Park, S.H., & Chenier, T.C. (1991). *The role of anaerobic ability in middle distance running performance*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 62: 40–43, 1991.
- Hüter-Becker, A. & Dölken, M. (2005). *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*. (2. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Iaia, F.M., Hellsten, Y., Nielsen, J.J., Fernstrom, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). *Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume*. J Appl Physiol (1985). 2009; 106(1):73–80.
<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.90676.2008>
- Jaeger, C. (2012). *Krafttraining für Läuferinnen und Läufer - Effekte durch ein zusätzlich zum Laufen durchgeführtes Krafttraining, auf verschiedene Einflussfaktoren der Laufleistung*. Pdf. Heruntergeladen von http://othes.univie.ac.at22125/1/2012-07-24_9405719.pdf am 8.4.2017
- Kupper, L. (2014). *Plyometrisches Training - Ein Überblick zu Theorie und Praxis*. Online Fitness Coaching. Heruntergeladen von <http://www.online-fitness-coaching.com/plyometrisches-training/> am 18.05.2017
- Lacour, J.R., & Bourdin, M. (2015). *Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed*. Eur J Appl Physiol. 2015;115(4):651–73.
<http://doi.org/10.1007/s00421-015-3115-y>
- Lamprecht, M., Stamm, H., Bürgi, R., Fischer, A., Gebert, A. & Wiegand, D. (2014). *Observatorium Sport und Bewegung Schweiz-Laufend aktualisierte Indikatoren Jahresbericht 2014*. Heruntergeladen von http://www.sportobs.ch/fileadmin/sportobs-dateien/Downloads/SPORTOBS_JB_2014.pdf am 27.01.2018
- Leister, I. (2014). *Plyometrisches Training - Eine effektive Massnahme zur Steigerung der Laufleistung im Langstreckenlauf?* Saarbrücken: Akademiker Verlag.
- Levin, G.T., McGuigan, M.R., & Laursen, P.B. (2009). *Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists*. J Strength Cond Res 23: 2280–2286, 2009.

- <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b990c2>
- LoBiondo-Wood, G. & Haber, J. (2005). *Pflegeforschung: Methoden, Bewertung, Anwendung*. (2. Aufl.). München: Urban & Fischer.
- Marquardt, M., Ansah, P., Dierkes, M., Harrer, F., Rockenfeller, B., Schmidt, T. & Wegner, U. (2012). *Laufen und Laufanalyse - Medizinische Betreuung von Läufern*. Stuttgart: Thieme.
- Mayer, F., Grau, S., Baur, H., Hirschmüller, A., Horstmann, T., Gollhofer, A. & Dickhuth, H. (2001). *Verletzungen und Beschwerden im Laufsport*. Deutsches Ärzteblatt, Jg. 98, Heft 19, 11.05.01.
- McCrum-Gardner, E. (2010). *Sample size and power calculations made simple*. International Journal of Therapy and Rehabilitation, January 2010, Vol 17, No 1. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2010.17.1.45988>
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T. & Hakkinen, K. (2007). *Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners*. Int J Sports Med 28: 602–611, 2007. <http://doi.org/10.1055/s-2007-964849>
- Nielsen, R.O., Parner, E.T., Nohr, E.A., Sorensen, H., Lind, M., & Rasmussen, S. (2014). *Excessive progression in weekly running distance and risk of running-related injuries: an association which varies according to type of injury*. Heruntergeladen von <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2014.5164?code=jospt-site> am 01.02.2018
- Grünwald, R. (2018). *Test auf Normalverteilung: Shapiro Wilk Test SPSS*. Heruntergeladen von <https://novustat.com/statistik-glossar/test-auf-normalverteilung-shapiro-wilk-test-spss.html> am 23.03.2018
- Nummela, A., Keränen, T., & Mikkelsen, L. O. (2007). *Factors Related to Top Running Speed and Economy*. Int. Journal of Sports Medicine, 28 (8), 655-661.
- Olivier, N., Marschall, F. & Büsch, D. (2008). *Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre* (2. Aufl.). Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Oxford University, (2008). *Foot drill*. Heruntergeladen von https://en.oxforddictionaries.com/definition/foot_drill am 18.04.2018

- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). *Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power*. J Appl Physiol 86: 1527–1533, 1999.
<http://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.5.1527>
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., & Rusko, H. (1991). *Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 62: 251–255, 1991.
- Rahimi, R. & Behpur, N. (2005). *The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength*. Facta Univ Phys Educ Sport 3: 81–91, 2005.
- Reinecke, J. (2005). *Stichprobenziehung*. Universität Bielefeld. Heruntergeladen von http://wwwhomes.uni-bielefeld.de/fvan_veen/StatistikII%20SS05/Folien/STICH1.pdf am 05.03.2018
- Saunders, P., Telford, R., Pyne, D., Peltola, E., Cunningham, R., Gore, C., & Hawley, J. (2006). *Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners*. J Strength Cond Res. 2006 Nov;20(4):947-54.
<http://doi.org/10.1519/R-18235.1>
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., & Hawley, J. (2004). *Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners*. Sports Med, 34 (7): 465-485.
- Schnabel, G., Harre, H.D. & Krug, J. (2008). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft* (3. Aufl.). Aachen: Meyer und Meyer Verlag.
- Skovgaard, C., Christensen, P., Larsen, S., Andersen, T., Thomassen, M., & Bangsbo, J. (2013). *Concurrent speed endurance and resistance training improves performance, running economy, and muscle NHE1 in moderately trained runners*. J Appl Physiol, 117: 1097–1109, 2014.
<http://doi.org/10.1152/japplphysiol.01226.2013>
- Sperlich, B., Engel, F.A. & Zinner, C. (2015). *Trainingsinterventionen zur Modifikation der Laufökonomie im Mittel- und Langstreckenlauf*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 9/2015. <http://doi.org/10.5960/dzsm.2015.192>.
- Spurrs, R.W., Murphy, A.J., & Watsford, M.L. (2003). *The effect of plyometric training on distance running performance*. Eur J Appl Physiol. 2003;89(1):1–7.
<http://doi.org/10.1007/s00421-002-0741-y>

- Toigo, M. (2015). *Muskel Revolution, Konzepte und Rezepte zum Muskel- und Kraftaufbau*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Trepel, M. (2015). *Neuroanatomie, Struktur und Funktion* (6. Aufl.). München: Elsevier GmbH.
- Turner, A.M., Owings, M., & Schwane, J.A. (2003). *Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training*. J Strength Cond Res 17: 60–67, 2003.
- Universität Zürich, (2018). *Methodenberatung, Zentrale Tendenz*. Heruntergeladen von <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/unterschiede/zentral.html> am 02.03.2018
- Universität Zürich, (2018). *Methodenberatung, F-Test*. Heruntergeladen von <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/unterschiede/varianzen/ftest.html> am 02.03.2018
- Universität Zürich, (2018). *Methodenberatung, Korrelation nach Bravais-Pearson*. Heruntergeladen von <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/zusammenhaenge/korrelation.html> am 02.03.2018
- Van den Berg, F. (2011). *Angewandte Physiologie, Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. (3. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Warren, C.M., Krzesinski, P.R., & Greaser, M.L. (2003). *Vertical agarose gel electrophoresis and electroblotting of high-molecular-weight proteins*. Electrophoresis. 2003;24(11):1695–702.
<http://doi.org/10.1002/elps.200305392>
- Wen, D.Y., Puffer, J.C., & Schmalzried, T.P. (1996). *Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners*. Heruntergeladen von http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.27.2b/ovidweb.cgi?&S=JLLLFPLBAADD0IDONCFKFCLBELGPAA00&Link+Set=S.sh.39%7c1%7csl_10 am 31.01.2018
- Weihneck, J. (2004). *Optimales Training, Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. (14. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.
- Wood, R. (2008). *Sit and Reach Test*. Heruntergeladen von <https://www.topendsports.com/testing/tests/sit-and-reach-presidents.htm> am 17.04.2018

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, Kraft-Zeit-Kurve einer maximalen isometrischen Kontraktion (Hegner, 2012, S. 139).....	18
Abbildung 2: Aufbauzyklus Krafttraining (Sara Schultze, 2017)	19
Abbildung 3: Histologischer Aufbau eines Muskels (Van den Berg, 2011, S. 256)	21
Abbildung 4: Darstellung der unteren Extremität während eines Drop-Jumps (Kupper, 2014, Plyometrisches Training - Ein Überblick zu Theorie und Praxis. Heruntergeladen von http://www.online-fitness-coaching.com/plyometrisches-training/ am 18.05.2017)	28
Abbildung 5: Phasen des DVZ (Natascha Halbeck, 2018).....	29
Abbildung 6: Squat-Jump (Natascha Halbeck, 2018).....	31
Abbildung 7: Counter-Movement-Jump (Natascha Halbeck, 2018).....	32
Abbildung 8: Drop-Jump (Natascha Halbeck, 2018).....	32
Abbildung 9: Split-Squat-Jump (Natascha Halbeck, 2018).....	33
Abbildung 10: Two-Foot-Ankle-Hops (Natascha Halbeck, 2018).....	33
Abbildung 11: Flowchart zum Selektionsprozess (Natascha Halbeck, 2018).....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien (Natascha Halbeck, 2017).....	7
Tabelle 2: Keywords (Natascha Halbeck, 2017).....	8
Tabelle 3: Suchstrategien (Natascha Halbeck, 2017).....	9
Tabelle 4: Suchverlauf PubMed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017).....	10
Tabelle 5: Suchverlauf PubMed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017).....	10
Tabelle 6: Suchverlauf Medline Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017).....	11
Tabelle 7: Suchverlauf Medline Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017).....	11
Tabelle 8: Suchverlauf Amed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017).....	12
Tabelle 9: Suchverlauf Amed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017).....	12
Tabelle 10: Suchverlauf CINAHL Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017).....	13
Tabelle 11: Suchverlauf CINAHL Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017).....	13
Tabelle 12, Studien zusammenfassen (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)	15
Tabelle 13: Einfluss PTr (Natascha Halbeck, 2017).....	25
Tabelle 14: Verwendete Studien (Sara Schultze, 2018)	36

Tabelle 15: PEDro-skala Score	
(Sara Schultze, 2018)	37
Tabelle 16: Steckbrief der Studie von Pellegrino et al. (2015)	
(Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)	38
Tabelle 17: Steckbrief der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)	
(Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)	42
Tabelle 18: Steckbrief der Studie von Berryman et al. (2010)	
(Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)	45
Tabelle 19: Steckbrief der Studie von Saunders et al. (2006)	
(Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis der AICA Leitfragen: Quantitatives Forschungsdesign*)	48
Tabelle 20: Übersicht Outcomes	
(Sara Schultze, 2018)	52
Tabelle 21: Unterschiede der Stichproben der inkludierten Studien	
(Natascha Halbeck, 2018).....	58
Tabelle 22: Suchverlauf PubMed Nr. 1	
(Natascha Halbeck, 2017).....	90
Tabelle 23: Suchverlauf PubMed Nr. 2	
(Natascha Halbeck, 2017).....	90
Tabelle 24: Suchverlauf Medline Nr. 1	
(Natascha Halbeck, 2017).....	91
Tabelle 25: Suchverlauf Medline Nr. 2	
(Natascha Halbeck, 2017).....	91
Tabelle 26: Suchverlauf Amed Nr. 1	
(Natascha Halbeck, 2017).....	92
Tabelle 27: Suchverlauf Amed Nr. 2	
(Natascha Halbeck, 2017).....	92
Tabelle 28: Suchverlauf CINAHL Nr. 1	
(Natascha Halbeck, 2017).....	93

Tabelle 29: Suchverlauf CINAHL Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017).....	93
Tabelle 30: Zusammenfassung der Studie von Pellegrino et al. (2015) (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*).....	103
Tabelle 31: Zusammenfassung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013) (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*).....	108
Tabelle 32: Zusammenfassung der Studie von Berryman et al. (2010) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)	112
Tabelle 33: Zusammenfassung der Studie von Saunders et al. (2006) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)	118
Tabelle 34: Würdigung (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*).....	124
Tabelle 35: Würdigung (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*).....	127
Tabelle 36: Würdigung (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)	131
Tabelle 37: Würdigung (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)	135
Tabelle 38: Interventionsaufbau (Spurrs et al., 2003)	139

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body Mass Index
cm	Zentimeter
CMJ	Counter-Movement-Jump
DJ	Drop-Jump
DVZ	Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus
DWT	Dynamic Weight Training, dynamisches Krafttraining
ECR	Laufökonomie, energy cost of running
END	Aeorobic Endurance, aerobe Ausdauer
ES	Effect Size, Effektgrösse
FT-Einheiten	Fast Twitch Fatiguable Units
F30ms	Kraft bei 30 Millisekunden
F100ms	Kraft bei 100 Millisekunden
K-Gruppe	Kontrollgruppe
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
MDS	Maximal Dynamic Strength, maximale dynamische Kraft
ME	Motorische Einheit
mean	Mittelwert
MHC	Myosin heavy chain, Muskelprotein
min	Minuten
ms	Millisekunden
MSK	Muskel-Sehnen Komplex
OSG	Oberes Sprunggelenk
Perf2400	Test der Laufleistung über 2400 m
Perf3000	Test der Laufleistung über 3000 m
Ppeak	Peak Power in W, Kraftspitze in W (Watt)
PTr	Plyometrietraining
PTr-Gruppe	Interventionsgruppe mit Plyometrietraining
RCT	Randomisierte kontrollierte Studien
RFD	Rate Of Force Development, Rate der Kraftentwicklung

SEM	Standardfehler
SP20	20 m Sprinttest
SR	Sit And Reach Test
SR-Einheiten	Slow Twitch Fatigue Resistant Units
VO _{2max}	Maximale Sauerstoffkapazität
VJHpeak	Vertical Jump Height Peak, maximale vertikale Sprunghöhe
ZNS	Zentrale Nervensystem
Zwei-weg ANOVA	Zweifaktorielle Varianzanalyse
z.B.	Zum Beispiel
1RM	One repetition maximum

Glossar

- **Adenosintriphosphat (ATP):**

ATP ist ein energiereiches, effizientes vom Menschen selbst synthetisiertes Molekül. Seine Energie wird für alle Prozesse im Körper gebraucht, speziell jedoch für die Muskelarbeit. Durch einen katabolen Prozess können die Zellen dem **Adenosindiphosphat (ADP)** eine **Phosphatgruppe** hinzufügen und somit das ATP herstellen. Die im Molekül gespeicherte Energie wird erst durch die Abspaltung der Phosphatgruppe frei (Van den Berg, 2011).

- **Aktionspotential:**

Aktionspotentiale sind elektrische Signale, die von den Nervenzellen über Synapsen weitergeleitet werden. Das Neuron empfängt erregende oder hemmende Informationen an seinen Dendriten (dienen dem Informationsempfang), Perikaryon (Zellkörper) und zum Teil am Axon (in der Regel für die Informationsweitergabe zuständig). Ist der erregende Impuls gross genug, wird er weitergeleitet (Trepel, 2015).

- **ANOVA:**

Varianzanalyse; es werden Varianzen und Prüfgrössen berechnet, um die Gesetzmässigkeiten hinter den Daten aufzudecken (Universität Zürich, 2018).

- **2x2 ANOVA:** Mehrfaktorielle Varianzanalyse. Es wird getestet, ob sich die Mittelwerte von mehreren unabhängigen Gruppen oder Stichproben unterscheiden (Universität Zürich, 2018).

- **Bonferoni-Post-Hoc-Test:**

Signifikanztest in der Statistik, welcher signifikante Unterschiede von Mittelwerten verschiedener Gruppen aufzeigt. (Fahrmeir, Künstler, Pigeot & Tutz, 2010).

- **Bounding:**

Sprungvariation: Nach einem kurzen Anlauf das hintere Bein strecken und das vordere Bein mit einem 90° gebeugten Knie nach vorne oben bringen. So schnell wie möglich landet das vordere Bein am Boden und wird zum hinteren, gestreckten Bein. Das vorherige hintere Bein kommt nun wieder nach vorne (Leister, 2014).

- **Efferente Nerven:**

Efferent bedeutet „ableitend“ oder „wegführend“. Efferent wird häufig mit „motorisch“ gleichgesetzt, was jedoch nicht immer zulässig ist. Bei den zu- und ableitenden Nerven des ZNS trifft diese Beschreibung zu. Die ableitenden Nerven, welche die motorischen Signale zu den Skelettmuskeln führen, sind efferent (Trepel, 2015).

- **Energiebereitstellung:**

Es werden drei Zustände der Energiebereitstellung während der Belastung unterschieden: Die aerobe, die aerob-anaerobe und die anaerobe Phase.

- Bei der aeroben Phase wird Sauerstoff zur Gewinnung der Energie aus Glykogen und freien Fettsäuren benötigt. Diese kommt bei niedriger Belastungsintensität zur Anwendung.
- Bei mittlerer bis hoher Belastungsintensität befindet sich die Athletin oder der Athlet in der aerob-anaeroben Phase, wobei begrenzt Sauerstoff zur Verfügung steht und der Hauptteil der benötigten Energie aus Glykogen gewonnen wird.
- In der anaeroben Phase wird die Energie aus Kreatinphosphat sowie über die Glykolyse aus Glykogen gewonnen. Dies tritt bei höchster Belastungsintensität und sehr kurzer Belastungsdauer auf. Die anaerobe Schwelle beschreibt den Übergang von der aeroben zur anaeroben Phase.

- **Feet-drills:**

Jegliche Trainingsübung mit dem Ziel die Beinarbeit zu verbessern (Oxford University, 2008).

- **Geschichtete Zufallsstichprobe:**

Bei einer geschichteten Zufallsstichprobe wird zu Beginn die Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten, sogenannte Schichten, aufgeteilt. Anschliessend wird aus jeder Schicht eine Zufallsstichprobe gezogen (Reinecke, 2005).

- **High skipping:**

Sprungübung: Alternierend ein Knie möglichst hochbringen und dabei so hoch wie möglich springen (Leister, 2014).

- **Interneuron:**

Das Interneuron ist eine Nervenzelle vom zentralen Nervensystem, welche

zwei andere Nervenzellen miteinander verbindet und verschaltet (Trepel, 2015).

- **Levene-Test:**

Signifikanztest in der Statistik: Überprüft von zwei oder mehr Gruppen die Varianzen auf Gleichheit (Homoskedastizität). Es wird eine stetige Verteilung von den Messreihen der Gesamtheit vorausgesetzt und nicht von einer Normalverteilung ausgegangen (Hartung, 2009).

- **Motoneurone:**

Das Rückenmark wird durch die graue und weisse Substanz gebildet. Der vordere Teil der grauen Substanz wird als Vorderhorn und der hintere Teil als Hinterhorn bezeichnet. Die Neuronen im Vorderhorn, welche die Spinalnerven bilden und in der Peripherie die Muskeln motorisch versorgen, werden Motoneurone genannt (Trepel, 2015).

- **Muskel-Sehnen Komplex:**

Der Muskel-Sehnen-Übergang wird als Kontinuum des nicht kontraktile Bindegewebes von Sehne und Muskelbauch verstanden. Das Bindegewebe beginnt am Knochen, dem teno-ossalen Übergang und wird schliesslich zur Sehne. Die Sehne hat eine direkte Verbindung zum Bindegewebe des Muskelbauchs. Auf der anderen Seite des Muskels wird das Bindegewebe wieder zur Sehne, welche ihrerseits eine Verbindung zu einem anderen Knochen aufweist. Zusätzlich stehen die Sehnen in Verbindung mit der kontraktile Einheit des Muskels. Aufgrund dieser bestehenden Verbindung und der kontraktile Funktion des Muskels ist es möglich, Knochen (Gelenkspartner) gegeneinander zu bewegen (Trepel, 2015).

- **Muskelspindel:**

Die Muskelspindeln verdanken ihren Namen der spindelartigen Form und kommen im gesamten Muskel vor. In ihrer Bindegewebskapsel befinden sich 10 - 20 intrafusale Muskelfasern. Die Muskelspindeln verfügen in ihrem Innern über keine Aktin- und Myosinfilamente und sind deshalb nicht kontraktile, sondern dehnbar. Lediglich an den äusseren Enden haben die intrafusalen Muskelfasern Aktin- und Myosinfilamente, sodass dort eine Kontraktion möglich ist. Die Muskelspindeln nehmen zum einen die aktuelle Länge des

Muskels war, zum anderen messen sie die Geschwindigkeit der Längenveränderung (Van den Berg, 2011).

- **Myofibrillen:**

Die Myofibrillen bilden die Untereinheiten einer Muskelfaser. Sie bestehen aus zwei unterschiedlichen Filamentarten: Dicke Myosin- und dünne Aktinfilamente. Sie sind in der Lage zu kontrahieren. Während einer Muskelkontraktion schieben sich die Aktinfilamente über die Myosinfilamente, wodurch sich die Muskellänge verkürzt (Van den Berg, 2011).

- **Pearson-Korrelation = Produkt-Moment-Korrelation:**

Berechnet wird der lineare Zusammenhang von zwei intervallskalierten Variablen. Die Variablen können eine gleichsinnige oder gegenseitige Korrelation besitzen (Universität Zürich, 2018).

- **P-Wert:**

Entspricht dem Signifikanzniveau. Auch bekannt unter dem Alpha-Level (Bamberg, Bauer & Kapp, 2010).

- **Randomisieren:**

Zufällige Zuweisung der Teilnehmenden zu einer Vergleichsgruppe (Fahrmeir et al., 2010).

- **Reflexbogen:**

Ein Reflex ist eine nicht willkürlich zu kontrollierende Antwort von einem Organ (z.B. Muskel) auf einen Reiz (z.B. Dehnung). Der Reflexbogen hat einen afferenten (zuführenden) und einen efferenten (wegführenden) Schenkel. Die Verschaltung und Vermittlung verläuft auf Rückenmarkshöhe mittels Neuronen als Schaltwerke. Es wird von dem sogenannten Eigenapparat des Rückenmarks gesprochen, welcher ohne Einfluss des Gehirns funktionieren kann (Trepel, 2015).

- **Sample Size Calculation:**

Mit der Sample Size Calculation kann die optimale Stichprobengröße berechnet werden (McCrum-Gardner, 2010).

- **Sarkomer:**

Eine Myofibrille (Abbildung 3) ist in viele aneinander gereihete kontraktile Untereinheiten, bestehend aus Aktin- und Myosinfilamenten, aufgeteilt. Diese

Untereinheiten werden Sarkomere genannt. Die Z-Streifen bilden den Anfang und das Ende eines Sarkomers (Van den Berg, 2011).

- **Scherensprünge:**

Vertikaler Sprung in die Luft, ein Bein nach vorne strecken und das andere Bein gleichzeitig nach hinten strecken, danach immer noch in der Luft die Beine wechseln, so dass das hintere Bein nach vorne kommt und umgekehrt (Leister, 2014).

- **Shapiro-Wilk-Test:**

Dieser Test überprüft die Daten auf Normalverteilung (Grünwald, 2018).

- **Sit-and-reach Test:**

Dieser Test misst die Flexibilität des unteren Rückens und der Muskulatur des hinteren Oberschenkels. Die Probandin oder der Proband sitzt auf dem Boden mit ausgestreckten Beinen. Vor der Person wird eine Box platziert.

Anschliessend versucht die Testperson die Hände auf der Box soweit es geht nach vorne zu schieben. Gemessen wird, wie weit sich die Hände in Richtung Füße bewegen (Wood, 2008).

- **Varianzhomogenität (Homoskedastizität):**

Die Annahme, dass die Varianzen in den einzelnen Gruppen gleich sind (Fahrmeir et al., 2010).

Deklaration der Wortzahl

Die Wortzahl der Arbeit (exklusive Tabellen, Abbildungen, Literaturverzeichnis, Abkürzungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis, Glossar, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung und Anhänge) beträgt 11'186 Wörter.

Danksagung

Ganz herzlich möchten wir uns bei Frau Pierrette Baschung für die professionelle und kompetente Unterstützung bedanken. Wir fühlten uns in unserem Entstehungs- sowie Schreibprozess bei dieser Arbeit sehr gut betreut. Weiter bedanken wir uns bei Petra Zubler, Stefanie Rusch und Marlen Schultze für das Gegenlesen und Korrigieren unserer Arbeit. Vielen herzlichen Dank an alle, die uns auf irgendeine Art und Weise in diesem Prozess unterstützt oder motiviert haben.

Eigenständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.»

Datum: 26.4.2018



Sara Schultze



Natascha Halbeck

Anhang: Suchverlauf mit Suchergebnissen

Tabelle 22: Suchverlauf PubMed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr*[Title/Abstract] OR plyometr* training[Title/Abstract] OR plyometr* exercise[Title/Abstract])	264
#2	(running[Title/Abstract] OR explosive strength[Title/Abstract] OR running economy[Title/Abstract])	50782
#3	#1 AND #2	34
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	0

Tabelle 23: Suchverlauf PubMed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr*[Title/Abstract] OR plyometr* training[Title/Abstract] OR plyometr* exercise[Title/Abstract])	264
#2	"Running"[Mesh]) OR "Jogging"[Mesh]	17238
#3	(running[Title/Abstract] OR long-distance running[Title/Abstract] OR middle-distance running[Title/Abstract] OR jogging[Title/Abstract] OR ultra-endurance athlete*[Title/Abstract] OR endurance runner*[Title/Abstract] OR long-distance runner*[Title/Abstract] OR middle-distance runner*[Title/Abstract] OR long distance runner*[Title/Abstract] OR middle distance runner*[Title/Abstract] OR trained runner*[Title/Abstract] OR recreational runner*[Title/Abstract] OR recreational endurance runner*[Title/Abstract] OR competitive runner*[Title/Abstract] OR competitive distance runner*[Title/Abstract] OR highly trained runner*[Title/Abstract] OR highly trained middle[Title/Abstract] AND long distance runner*[Title/Abstract] OR ultra-marathon[Title/Abstract] OR endurance running[Title/Abstract] OR	1805

	Running mechanics[Title/Abstract] OR elite runner*[Title/Abstract])	
#4	#2 OR #3	17801
#5	#1 AND #4	32
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	0

Tabelle 24: Suchverlauf Medline Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]	649
#2	(running or explosive strength or running economy) [Abstract]	51896
#3	#1 AND #2	95
#4	(endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes) [Abstract]	45690
#5	#3 AND #4	19
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	3

Tabelle 25: Suchverlauf Medline Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]	650
#2	(running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics	1748

	OR elite runner*) [Abstract]	
#3	#1 AND #2	7
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	2

Tabelle 26: Suchverlauf Amed Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]	64
#2	(running or explosive strength or running economy) [Abstract]	44
#3	#1 AND #2	1
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	0

Tabelle 27: Suchverlauf Amed Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#		Resultate
#1	(plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]	64
#2	(running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*) [Abstract]	93
#3	#1 AND #2	1
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	0

Tabelle 28: Suchverlauf CINAHL Nr. 1 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	Resultate
#1 (plyometr* OR plyometr* training OR plyometr* exercise) [Abstract]	444
#2 (running OR explosive strength OR running economy) [Abstract]	8527
#3 #1 AND #2	64
#4 (endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes) [Abstract]	11366
#5 #3 AND #4	17
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	3

Tabelle 29: Suchverlauf CINAHL Nr. 2 (Natascha Halbeck, 2017)

Nr#	Resultate
#1 (plyometr* or plyometr* training or plyometr* exercise) [Abstract]	444
#2 (running OR long-distance running OR middle-distance running OR jogging OR ultra-endurance athlete* OR endurance runner* OR long-distance runner* OR middle-distance runner* OR long distance runner* OR middle distance runner* OR trained runner* OR recreational runner* OR recreational endurance runner* OR competitive runner* OR competitive distance runner* OR highly trained runner* OR highly trained middle and long distance runner* OR ultra-marathon OR endurance running OR Running mechanics OR elite runner*) [Abstract]	8962
#3 #1 AND #2	52
#4 (endurance performance OR running performance OR neuromuscular performance OR neuromuscular adaptations OR neural adaptation OR cardiovascular adaptation OR oxygen consumption OR VO _{2max} OR lactat threshold OR energy cost of	11366

running OR cardiovascular adaptation OR performance outcomes)

[Abstract]

#5	#3 AND #4	17
	Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien	3

Anhang: PEDro-skala

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblindet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem „Expertenkonsens“, und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer. Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

Hinweise zur Handhabung der PEDro scale:

Für alle Kriterien	Punkte werden nur vergeben, wenn ein Kriterium eindeutig erfüllt ist. Falls beim genauen Lesen einer Arbeit die Möglichkeit besteht, dass ein Kriterium nicht erfüllt wurde, sollte kein Punkt für dieses Kriterium vergeben werden.
Kriterium 1	Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn berichtet wird, wie die Probanden rekrutiert wurden, und wenn eine Liste mit Kriterien dargestellt wird, die genutzt wurde, um zu entscheiden, wer geeignet war an der Studie teilzunehmen.
Kriterium 2	Wenn in einem Artikel steht, dass die Zuordnung zu den Gruppen randomisiert erfolgte, so wird dies von der Studie angenommen. Die genaue Methode der Randomisierung muss dabei nicht näher spezifiziert sein. Methoden wie Münz- oder Würfelwürfe sollten als Randomisierung angesehen werden. Quasi-randomisierte Zuordnungsverfahren wie die Zuordnung durch Krankenaktennummern im Krankenhaus, Geburtsdatum, oder alternierende Zuordnungen, erfüllen dieses Kriterium nicht.
Kriterium 3	<i>Verborgene Zuordnung</i> bedeutet, dass die Person, die entschieden hat ob der jeweilige Proband für eine Teilnahme geeignet war oder nicht, zum Zeitpunkt dieser Entscheidung nicht wissen konnte, welcher Gruppe der jeweilige Proband zugeordnet werden würde. Für dieses Kriterium wird auch dann ein Punkt vergeben, wenn über eine verdeckte Zuordnung nicht berichtet wird, aber in dem Bericht zum Ausdruck kommt, dass die Zuordnung mit Hilfe blickdichter Briefumschläge erfolgte, oder dass die Allokation über Kontaktaufnahme mit einem unabhängigen Verwalter des Allokationsplans, der sich „nicht am Ort der Studiendurchführung“ befand oder „nicht anderweitig an der Studie beteiligt“ war, erfolgte.
Kriterium 4	In Studien, die therapeutische Interventionen untersuchen, muss jeweils vor Beginn der Intervention mindestens eine Messung hinsichtlich des Schweregrades des zu behandelnden Zustandes, und mindestens ein anderes <i>zentrales Outcome</i> beschrieben werden (Eingangsmessungen). Der Gutachter muss ausreichend davon überzeugt sein, dass sich klinisch signifikante Unterschiede in den Gruppen-Outcomes nicht allein schon aufgrund von Unterschieden in den prognostischen Variablen zu Beginn der Studie (also zum Baseline-Zeitpunkt) erwarten ließen. Dieses Kriterium gilt auch dann als erfüllt, wenn nur Baseline-Daten für diejenigen Probanden beschrieben werden, welche bis zum Ende an der Studie teilgenommen haben.
Kriterien 4,7-11	<i>Zentrale Outcomes</i> sind jene Outcomes, welche das primäre Maß für eine Effektivität (oder eine fehlende Effektivität) der Therapie darstellen. In den meisten Studien wird mehr als eine Variable zur Outcome-Messung verwendet.
Kriterien 5-7	<i>Blindung</i> bedeutet, dass die betreffende Person (Proband/In, Therapeut/In oder Untersucher/In) nicht gewusst hat, welcher Gruppe der Proband zugeordnet worden ist. Außerdem wird eine Blindung von Probanden und Therapeuten nur dann als gegeben angenommen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie nicht in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden. In Studien, in denen <i>zentrale Outcomes</i> von den Probanden selbst angegeben werden (z.B. Visuelle Analog Skala oder Schmerztagebücher), gilt der Untersucher als geblindet, wenn der Proband geblindet war.
Kriterium 8	Dieses Kriterium gilt nur dann als erfüllt, wenn die Studie <i>sowohl</i> über die Anzahl der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden, <i>als</i> auch über die Anzahl der Probanden, von denen tatsächlich zentrale Outcomes festgehalten werden konnten, Auskunft gibt. Bei Studien mit Outcome-Messungen zu mehreren Messzeitpunkten, muss mindestens ein <i>zentrales Outcome</i> bei mehr als 85% der Probanden zu einem dieser Zeitpunkte gemessen worden sein.
Kriterium 9	Eine <i>Intention to treat</i> Analyse bedeutet, dass in den Fällen, in denen Probanden die zugeordnete Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probanden die zugeordnete Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten. Wird eine Analyse nach der „Intention to treat“ Methode nicht erwähnt, gilt dieses Kriterium dennoch als erfüllt, falls explizit zum Ausdruck kommt, dass alle Probanden die Behandlungen oder Kontrollanwendungen wie zugeordnet erhalten haben.
Kriterium 10	Ein <i>Zwischen-Gruppen-Vergleich</i> beinhaltet einen statistischen Vergleich einer Gruppe mit einer anderen Gruppe. Abhängig vom jeweiligen Studiendesign kann es sich dabei um den Vergleich von zwei oder mehr verschiedenen Behandlungen, oder auch um den Vergleich einer Behandlung mit einer Kontrollanwendung (z.B. Placebo-Behandlung, Nicht-Behandlung, Scheinbehandlung) handeln. Die Analyse kann als einfacher Vergleich der Outcomes zwischen den Gruppen erfolgen, die nach einer durchgeführten Behandlung gemessen wurden, oder auch als Vergleich der Veränderungen in einer Gruppe mit den Veränderungen in einer anderen Gruppe (wurde eine faktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um die Daten zu analysieren, so wird dies im letzteren Fall häufig als eine „Gruppe x Zeit Interaktion“ berichtet). Der Vergleich kann als Hypothesentestung (die einen „p“-Wert liefert, der die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass der Unterschied zwischen den Gruppen rein zufällig entstanden ist) oder als Schätzung (z.B. der Differenz des Medians oder des arithmetischen Mittels, der Unterschiede in den Prozentanteile, oder der Number Needed to Treat, oder des relativen Risikos oder der „Hazard Ratio“ ¹) mit einem dazugehörigen Konfidenz-Intervall durchgeführt werden.
Kriterium 11	Ein <i>Punktmaß</i> ist ein Maß der Größe des Behandlungseffekts. Der Behandlungseffekt kann als Differenz in den Outcomes zwischen zwei Gruppen beschrieben werden, oder auch als Outcome in jeder der Gruppen. <i>Streuungsmaße</i> können sein: Standardabweichungen, Standardfehler, Konfidenzintervalle, Interquartilsabstände (oder andere Quantilsabstände), und Ranges. Punktmaße und/oder Maße der Streuung können graphisch dargestellt sein (z.B. können Standardabweichungen als Balkendiagramm dargestellt werden), so lange diese Darstellungen eindeutig sind (z.B. so lange klar ist ob die Fehlerbalken Standardabweichungen oder Standardfehler darstellen). Für kategorische Outcomes (nominal- oder ordinalskaliert) gilt dieses Kriterium als erfüllt, wenn die Anzahl der Probanden für jede Kategorie in jeder Gruppe angegeben ist.

¹ Der Begriff Hazard Ratio („Risikoeintrittsquotient“) wird auch in der deutschen medizinischen Fachliteratur verwendet. Die Hazard Ratio ist der Quotient aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten (Ereignisdichten) in den zu vergleichenden Gruppen.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.
Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

PEDro-skala der Studie Pellegrino et al. (2015)

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblendet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblendet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblendet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem „Expertenkonsens“, und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

PEDro-skala der Studie Ramirez-Campillo et al. (2013)

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem „Expertenkonsens“, und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

PEDro-skala der Studie Berryman et al. (2010)

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem „Expertenkonsens“, und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

PEDro-skala der Studie Saunders et al. (2006)

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem „Expertenkonsens“, und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

Anhang: AICA Leitfragen



Quantitatives Forschungsdesign:

AICA: Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal)*

Einleitung	Forschungsschritte	Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung	Leitfragen zur Würdigung
	Problembeschreibung Bezugsrahmen Forschungsfrage (Hypothese)	<ul style="list-style-type: none"> Um welche Konzepte / Problem handelt es sich? Was ist die Forschungsfrage, -zweck bzw. das Ziel der Studie? Welchen theoretischen Bezugsrahmen weist die Studie auf? Mit welchen Argumenten wurde der Forschungsbedarf begründet? 	<ul style="list-style-type: none"> Beantwortet die Studie eine wichtige Frage der Berufspraxis/ BA-Fragestellung? sind die Forschungsfragen klar definiert? Ex. durch Hypothesen ergänzt? Wird das Thema / das Problem im Kontext von vorhandener, konzeptioneller und empirischer Literatur logisch dargestellt?
Methode	Design	<ul style="list-style-type: none"> Um welches Design handelt es sich? Wie wird das Design begründet? 	<ul style="list-style-type: none"> Ist die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design logisch und nachvollziehbar? Werden die Gefahren der internen und externen Validität kontrolliert?
	Stichprobe	<ul style="list-style-type: none"> Um welche Population handelt es sich? Welches ist die Stichprobe? <ul style="list-style-type: none"> Wer? Wieviel? Charakterisierungen? Wie wurde die Stichprobe gezogen? <ul style="list-style-type: none"> Probability sampling? Non-probability sampling? Wird die Auswahl der Teilnehmenden beschrieben und begründet Gibt es verschiedene Studiengruppen? 	<ul style="list-style-type: none"> Ist die Stichprobenziehung für das Design angebracht? Ist die Stichprobe repräsentativ für die Zielpopulation? <ul style="list-style-type: none"> Auf welche Population können die Ergebnisse übertragen werden? Ist die Stichprobengröße angemessen? Wie wird sie begründet? Beeinflussen die Drop-Outs die Ergebnisse? Wie wurden die Vergleichsgruppen erstellt? Sind sie ähnlich? Werden Drop-Outs angegeben und begründet?
	Datenerhebung	<ul style="list-style-type: none"> Welche Art von Daten wurde erhoben? <ul style="list-style-type: none"> physiologische Messungen Beobachtung schriftliche Befragung, Interview Wie häufig wurden Daten erhoben? 	<ul style="list-style-type: none"> Ist die Datenerhebung für die Fragestellung nachvollziehbar? Sind die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmern gleich? Sind die Daten komplett, d.h. von allen Teilnehmern erhoben?
	Messverfahren & oder Intervention	<ul style="list-style-type: none"> Welche Messinstrumente wurden verwendet (Begründung)? Welche Intervention wird getestet? 	<ul style="list-style-type: none"> Sind die Messinstrumente zuverlässig (reliability)? Sind die Messinstrumente valide (validity)? Wird die Auswahl der Messinstrumente nachvollziehbar begründet? Sind mögliche Verzerrungen/ Einflüsse auf die Intervention erwähnt?
	Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Welches Datenniveau weisen die erhobenen Variable auf? Welche statistischen Verfahren wurden zur Datenanalyse verwendet (deskriptive und / oder schliessende)? Wurde ein Signifikanzniveau festgelegt? 	<ul style="list-style-type: none"> Werden die Verfahren der Datenanalyse klar beschrieben? Wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet? Entsprechen die verwendeten statistischen Tests den Datenniveaus? Erlauben die statistischen Angaben eine Beurteilung? Ist die Höhe des Signifikanzniveaus nachvollziehbar und begründet?
E	Ethik	<ul style="list-style-type: none"> Welche ethischen Fragen werden von den Forschenden diskutiert und werden entsprechende Massnahmen durchgeführt? Falls relevant ist eine Genehmigung einer Ethikkommission eingeholt worden? 	<ul style="list-style-type: none"> Inwiefern sind alle relevanten ethischen Fragen diskutiert und entsprechende Massnahmen durchgeführt worden? Unter anderem zum Beispiel auch die Beziehung zwischen Forschenden und Teilnehmenden?
	Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> Welche Ergebnisse werden präsentiert? Welches sind die zentralen Ergebnisse der Studie? Werden die Ergebnisse verständlich präsentiert (Textform, Tabellen, Grafiken)? 	<ul style="list-style-type: none"> Sind die Ergebnisse präzise? Wenn Tabellen / Grafiken verwendet wurden, entsprechen diese folgenden Kriterien? <ul style="list-style-type: none"> Sind sie präzise und vollständig (Titel, Legenden, ...) Sind sie eine Ergänzung zum Text?

*Leitfragen basierend auf:

LoBlondo-Wood, G., & Haber, J. (2005). *Pflegeforschung: Methoden, Bewertung, Anwendung*. München: Urban & Fischer
Burns, N., & Grove, S. K. (2005). *Pflegeforschung verstehen und anwenden*. München: Urban & Fischer.

AICA: Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal)*

Quantitatives Forschungsdesign:			
Diskussion	Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none">• Werden signifikante und nicht-signifikante Ergebnisse erklärt? Wie interpretieren die Forschenden die Ergebnisse?• Kann die Forschungsfrage aufgrund der Daten beantwortet werden?• Werden Limitationen diskutiert?• Werden die Ergebnisse mit ähnlichen Studien verglichen?	<ul style="list-style-type: none">• Werden alle Resultate diskutiert?• Stimmt die Interpretation mit den Resultaten überein?• Werden die Resultate in Bezug auf die Fragestellung / Hypothesen, Konzepte und anderen Studien diskutiert und verglichen?• Wird nach alternativen Erklärungen gesucht?
	Schlussfolgerung Anwendung und Verwertung in der Pflegepraxis	<ul style="list-style-type: none">• Welche Implikationen für die Praxis, Theorien und zukünftige Forschung sind beschrieben?	<ul style="list-style-type: none">• Ist diese Studie sinnvoll? Werden Stärken und Schwächen aufgewogen?• Wie und unter welchen Bedingungen sind die Ergebnisse in die Praxis umsetzbar?• Wäre es möglich diese Studie in einem anderen klinischen Setting zu wiederholen?

Einschätzung der Güte:

*Leitfragen basierend auf:
LoBlondo-Wood, G., & Haber, J. (2005). *Pflegeforschung: Methoden, Bewertung, Anwendung*. München: Urban & Fischer
Burns, N., & Grove, S. K. (2005). *Pflegeforschung verstehen und anwenden*. München: Urban & Fischer.

Anhang: Zusammenfassung

Tabelle 30: Zusammenfassung der Studie von Pellegrino et al. (2015) (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Ziel	Ziel dieser Studie war die Auswertung des Effekts eines PTr auf die Laufökonomie und auf die Muskelproteine Titin und Myosin (MHC) bei geübten Läuferinnen und Läufer.
Design	RCT
Population/ Zielgruppe	Geübte Läuferinnen und Läufer
Stichprobe, inkl. Dropouts	25 Teilnehmerinnen und Teilnehmer , welche freiwillig von den regionalen Laufvereinen rekrutiert wurden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren geübte Läuferinnen und Läufer, welche in den letzten drei Monaten kein PTr durchgeführt haben. Alle wurden bezüglich Gesundheitsstatus, Trainingsstatus und vergangenen Verletzungen überprüft. Dropouts: Drei Teilnehmerinnen und Teilnehmer , Grund des Dropouts wurde nicht näher beschrieben.
Studiengruppen	<ul style="list-style-type: none"> • PTr-Gruppe: Führen die Intervention zusätzlich zu ihrem herkömmlichen Training durch. Vier Probandinnen und sieben Probanden. • K-Gruppe: Führen ihr herkömmliches Training fort. Dieses wurde aufgezeichnet, jedoch nicht kontrolliert. Die Teilnehmenden wurden gebeten, ihr Training während der Intervention nicht signifikant zu verändern. Vier Probandinnen und sieben Probanden.
Datenerhebung und Messverfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Körperzusammensetzung (Größe, Gewicht, BMI, Körperfett): <ul style="list-style-type: none"> - Hydrostatisches Wiegen • Vertikale Sprunghöhe (VJ)

	<ul style="list-style-type: none"> - gemessen mit Vertec (Grand Rapids, MI) • Sit-and-reach Test (SR) <ul style="list-style-type: none"> - Standard Flexibilitätstest • Laktatstufentest (OBLA), VO_{2max} und Laufökonomie (ECR): <ul style="list-style-type: none"> - Test auf einem Laufband. <p>Protokoll: 3 min Intervall mit 1 min Pause, Geschwindigkeit wurde bis zur Erschöpfung erhöht.</p> <p>Stufen 1-9 mit 1% Steigung, gestartet wurde mit einer Geschwindigkeit von 2.15 ms^{-1}, gesteigert wurde mit 0.402 ms^{-1} bis zu einer Geschwindigkeit von 5.36 ms^{-1}, anschliessend wurde die Geschwindigkeit beibehalten und die Steigung in jeder Runde um 2% erhöht.</p> <p>VO_{2max} und Laufökonomie wurden über die Ausatemluft gemessen. Während jeder Pause wurde etwas Blut für die Laktatanalyse vom Finger entnommen. ECR konnte mittels den Laktatresultaten zu jeder Laufgeschwindigkeit berechnet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perf3000 <ul style="list-style-type: none"> - auf einer 200 m Laufbahn im Innenbereich (Tartanbahn), Messwert: Zeit • Muskelbiopsie von M. vastus lateralis zur Proteinanalyse. Die Entnahme der Biopsie nach der Intervention erfolgte auf der gleichen Seite, jedoch am anderen Bein. Die Dichte der entsprechenden Muskelproteine wurde gemessen. Den Teilnehmenden wurde 24 h vor der Muskelbiopsie ein Ernährungstagebuch abgegeben, um Einflüsse der Ernährung auf das Resultat zu vermeiden.
Intervention	<p>Die Intervention bestand aus 15 PTr während sechs Wochen. Messungen wurden vor und nach der Interventionsperiode durchgeführt. Die Messungen nach der Intervention wurden bezüglich Testreihenfolge, Tageszeitpunkt und Ernährung den Basistests angepasst.</p>

	<p>Pro Training absolvierten die Probandinnen und Probanden 60 bis 228 Sprünge, wobei die Intensität während den sechs Wochen kontinuierlich gesteigert wurde. Das Trainingsprogramm ist eine angepasste Version der Trainingsintervention von Spurrs et al. (2003). In den ersten zwei Wochen wurde das Training reduziert, um Verletzungen zu vermeiden. Zusätzlich wurden die DJ zu tiefen Squat-Jumps von einer Box mit Landung auf einer Matte angepasst.</p> <p>Trainingsinhalt von Spurrs et al. (2003):</p> <p>In der sechswöchigen Interventionsdauer wurde während den ersten drei Wochen zweimal wöchentlich trainiert und während der letzten drei Wochen dreimal wöchentlich. Das Training beinhaltete verschiedene horizontale und vertikale Sprünge. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden zu maximalem Einsatz bei den Übungen und möglichst kurzem Bodenkontakt aufgefordert. Vor jedem Training wurde ein 20-minütiges dynamisches Aufwärmen mittels Schwingen der Beine, kleine Hüpfen aus den Sprunggelenken, Elemente des Lauf-ABC und statischem Dehnen durchgeführt.</p>
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängige Variablen: <ul style="list-style-type: none"> Geschlecht: Nominalskaliert Alter: Proportionalskaliert Plyometrietaining: Nominalskaliert • Abhängige Variablen: <ul style="list-style-type: none"> VO_{2max} (mL·kg⁻¹·min⁻¹): Proportionalskaliert ECR: Proportionalskaliert Grösse: Proportionalskaliert Gewicht: Proportionalskaliert BMI: Proportionalskaliert Körperfettanteil in %: Proportionalskaliert VJ: Proportionalskaliert SR: Proportionalskaliert

	<p>Muskelproteine: Proportional skaliert</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwendete statistischen Verfahren zur Datenanalyse: Group-by-time mixed-model 2x2 ANOVA für alle Messungen Paarweise Vergleiche wurden bezüglich Gruppe, Zeit und Gruppe-Zeit Interaktion erstellt Alpha Fehler: $p < 0.05$ Pearson Korrelation wurde für Querschnittsdaten berechnet Alle Resultate werden mit Mittelwert (mean) und Standardfehler (SEM) angegeben (mean \pm SEM)
Ethik	<p>Die Teilnehmenden unterschrieben ein Formular der Universität Montana, in welchem sie ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Studie gaben. Dieses Formular ist nach den ethischen Richtlinien der Erklärung von Helsinki aufgesetzt.</p>
Ergebnisse	<p>Signifikanter Haupteffekt bezüglich Zeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VO_{2max}: PTr-Gruppe verbesserte sich um 5.2 %, K-Gruppe um 3.1 % • VJHpeak: PTr-Gruppe zeigte keine Veränderung, K-Gruppe verschlechterte sich • Perf3000: PTr-Gruppe verbesserte sich um 2.6%, K-Gruppe verbesserte sich um 1.6% • Die individuell wahrgenommene Anstrengung: PTr-Gruppe verringerte den Wert, keine Veränderungen bei der K-Gruppe <p>Ein Haupteffekt bezüglich Zeit und Gruppe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilität: Beide Gruppen verloren an Flexibilität während der Interventionsperiode, PTr-Gruppe war jedoch signifikant tiefer als die K-Gruppe <p>Signifikanter Haupteffekt bezüglich Gruppe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laufökonomie, Effekt für die Stufen 2, 3 und 6: PTr-Gruppe verringerten ECR, K-Gruppe steigerte ECR <p>Kein Haupteffekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M. Vastus lateralis Muskelproteine: Kein signifikanter Effekt

	<p>von Zeit, Gruppe oder Interaktion. Es wurde jedoch ein deutlich, positiver Zusammenhang zwischen MHC I und ECR für Stufe 7 gefunden. MHC IIa zeigte einen positiven Zusammenhang mit VJHpeak.</p>
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> • Kleine Stichproben, es wurde kein Levene-Test zur Überprüfung der Varianzhomogenität durchgeführt. • In der Population wird nicht unterschieden, ob es sich um Freizeit-, Hobby-, Wettkampf- oder Eliteläuferinnen oder -läufer handelt. Die im Schnitt gelaufenen Kilometer pro Woche lassen jedoch den Schluss zu, dass es sich um ambitionierte Hobbyläuferinnen und -läufer handelt. Diese Vermutung lässt sich dadurch untermauern, dass sich die Probandinnen und Probanden aus eigener Motivation für die Studie gemeldet haben. • Schwäche: Sechs Wochen waren wahrscheinlich nicht lang genug, um muskuläre Veränderungen aufzuzeigen. Diese Interventionsdauer wurde aufgrund einer vorgängigen Studie bestimmt (Iaia et al., 2009). • Die Muskelbiopsie wurde aus dem M. vastus lateralis entnommen. Die Autoren berichten von vorgängigen Untersuchungen (ohne eine Referenz zu nennen) bezüglich Muskelsteifigkeit und Laufökonomie, welche üblicherweise die Unterschenkelmuskulatur betrafen. Es wird auf Studien verwiesen, welche die Biopsien am M. vastus lateralis entnahmen (Bosco et al., 1987) (Warren, Krzesinski, & Greaser, 2003).
Schlussfolgerung	<ul style="list-style-type: none"> • Sechs Wochen PTr resultierten in einer gesteigerten Laufleistung und Laufökonomie. Die Trainingsintervention wurde auf Basis der Erfahrungen von Spurrs et al. (2003) erstellt. Bezüglich 3 km-Laufleistung konnten fast identische Resultate erzielt werden. Die Autoren stimmen mit der Annahme von Spurrs et al. (2003) überein, dass durch den

	<p>plyometrischen Trainingsreiz erhöhte Muskelsteifigkeit für die gesteigerte Laufökonomie und Laufleistung ausschlaggebend ist. Trotz fehlender Testung der Muskelsteifigkeit, konnte ein Zusammenhang zwischen der vertikalen Sprunghöhe, Laufleistung, Flexibilität und Laufökonomie aufgezeigt werden. Auch andere Studien konnten den Zusammenhang einer verminderten Flexibilität mit gesteigerter Laufökonomie beweisen (Lacour & Bourdin, 2015).</p> <p>Bezüglich der Proteine MHC und Titin konnten keine signifikanten Anpassungen aufgezeigt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Autoren geben keine Empfehlungen für die Praxis ab.
--	---

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 31: Zusammenfassung der Studie von Ramirez-Campillo et al. (2013)
(Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign:
AICA Leitfragen*)

Ziel	Ziel der Studie war es den Einfluss eines kurzzeitigen Plyometrietrainings auf die Ausdauer- und Explosivkraftfähigkeiten bei kompetitiven Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer zu analysieren.
Design	RCT
Population/ Zielgruppe	Kompetitive Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer
Stichprobe, inkl. Dropouts	<p>36 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Einschlusskriterien: mindestens zwei Jahre Wettkampferfahrung auf nationalem und internationalem Niveau. Persönliche Bestzeit für 1500 m liegt zwischen 3:50 und 4:27 Minuten, Marathonbestzeit zwischen 2:32 und 2:52 Stunden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben in den letzten sechs Monaten kein Explosivkrafttraining durchgeführt.</p> <p>Dropouts: 11%; 3x K-Gruppe, 1x PTr-Gruppe</p>

Studiengruppen	<ul style="list-style-type: none"> • PTr-Gruppe: Fährten die Intervention zusätzlic zu ihrem herkömmlichen Training durch. Acht Probandinnen und zehn Probanden. • K-Gruppe: Fährten ihr herkömmliches Training fort. Sechs Probandinnen und 12 Probanden.
Datenerhebung und Messverfahren	<p>Leistungstest wurden an zwei nicht aufeinander folgenden Tagen durchgeführt:</p> <p>1. Tag:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Körpergrösse: Gemessen mit einem an der Wand montierten Stadiometer (Butterfly, Shanghai, China) • Körpergewicht: Gemessen mit einer digitalen Körperwaage • BMI • CMJ mit Armeinsatz: Elektronisches Kontaktmatten System (Globus Tester, Codogne, Italy) • DJ von 20 und 40 cm Sprunghöhe: Elektronisches Kontaktmatten System (Globus Tester, Codogne, Italy) <p>2. Tag:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SP20 Indoortest, Geschwindigkeitsmessung mit einer Infrarotkamera (Globus Italia, Codogne, Italy) • Perf2400 Outdoortest auf einer Polyurethanbahn <p>Die Tests wurden vor und nach der Interventionsperiode durchgeführt.</p>
Intervention	<p>Die PTr-Gruppe führte während der sechswöchigen Interventionsphase zusätzlich zu ihrem üblichen Lauftraining zwei PTr-Trainings durch. Das 30-minütige PTr wurde jeweils vor dem üblichen Lauftraining absolviert.</p>

	<p>Aufwärmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 Minuten laufen im submaximalen Bereich • 20 submaximale vertikale Sprünge • 10 submaximale longitudinale Sprünge. <p>Plyometriettraining:</p> <p>DJ, 60 Wiederholungen pro Training</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 20 cm • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 40 cm • 2 Serien, 10 Sprünge, Sprunghöhe 60 cm <p>Jeweils 15 Sekunden Pause zwischen den Sprüngen und zwei Minuten Pause zwischen den Serien</p>
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängige Variablen: <p>Alter: Proportionalskaliert</p> <p>Geschlecht: Nominalskaliert</p> <p>Plyometriettraining: Nominalskaliert</p> • Abhängige Variablen: <p>Grösse: Proportionalskaliert</p> <p>Gewicht: Proportionalskaliert</p> <p>BMI: Proportionalskaliert</p> <p>CMJ: Proportionalskaliert</p> <p>DJ: Proportionalskaliert</p> <p>SP20: Proportionalskaliert</p> <p>Perf2400: Proportionalskaliert</p> • Verwendete statistischen Verfahren zur Datenanalyse: <p>Die statistische Analyse wurde mit der Software STATISTICA (Version 8.0; StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) durchgeführt. Für die Variablen wurden jeweils der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet (Mean +/- SD). Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden mittels Shapiro-Wilk- und Levene-Test überprüft. Für die Berechnung des Effekts der Intervention wurde eine Zwei-Weg Varianzanalyse durchgeführt (2 Gruppen x 2 Zeiten).</p>

	Für die Erkennung der Unterschiede der Mittelwertpaare würde ein Post-hoc-Test durchgeführt, sofern signifikante F-Werte für die Zeit oder zwischen den Gruppen lokalisiert wurden.
Ethik	Nach der Genehmigung der Studie wurden die Probandinnen und Probanden über das genaue Prozedere, potentielle Risiken und den Nutzen der Teilnahme informiert.
Ergebnisse	<p>Basis-Tests vor der Interventionsperiode zeigten keine Unterschiede zwischen PTr- und K-Gruppe.</p> <p>Die Messwiederholung nach der Interventionsperiode ergaben:</p> <p>Keine signifikanten Unterschiede bezüglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Körpergewicht • BMI <p>Signifikante Reduktion in der PTr-Gruppe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perf2400 • SP20 <p>Signifikante Steigerung in der PTr-Gruppe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CMJ • DJ20 • DJ40 <p>In der PTr-Gruppe konnte ein signifikanter Zusammenhang bezüglich initialem Perf2400 und der relativen Veränderung der Explosivkraftleistung während dem DJ40 gefunden werden.</p>
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> • Interventionsdauer: Die Autoren stützen sich auf Studien, welche eine sechswöchige Trainingsinterventionsdauer für signifikante Anpassung der ausdauerbezogenen Leistungsfähigkeit als ausreichend aufgezeigt haben (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999) (Spurrs et al., 2003) (Turner et al, 2003). • Es wurden während der Interventionsperiode keine

	<p>Zwischenmessungen durchgeführt und somit die Intensität nicht angepasst.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund einer höheren Dropout-Rate in der PTr-Gruppe hat sich das Geschlechterverhältnis zwischen den beiden Gruppen verschoben. In der K-Gruppe verblieben fünf Frauen (33%) und in der PTr-Gruppe acht (47%). Ohne den grösseren Frauenanteil in der Interventionsgruppe wären mutmasslich die Ergebnisse der Studie noch deutlicher ausgefallen.
--	--

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 32: Zusammenfassung der Studie von Berryman et al. (2010) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Ziel	Ziel dieser Studie ist der Vergleich des Effekts der beiden Krafttrainingsmethoden PTr und DWT (dynamisches Krafttraining) auf die Laufökonomie bei Langstreckenläufer.
Design	RCT
Population/ Zielgruppe	Mittel bis gut trainierte Langstreckenläufer (5km-42.195km)
Stichprobe, inkl. Dropouts	<ul style="list-style-type: none"> • 35 mittel bis gut trainierte männliche Langstreckenläufer ohne Erfahrungen mit Krafttraining. Die Teilnehmenden bestreiten Wettkämpfe auf einem regionalen Niveau über Distanzen zwischen 5-42.195 km und trainieren zwischen drei- und siebenmal wöchentlich. • Sieben Dropouts hauptsächlich wegen Krankheit (n=1) oder Verletzung (n=4) ausserhalb des Krafttrainings sowie mangelnder Motivation (n=2).

Studiengruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Interventionsgruppe Plyometriettraining (Ptr- Gruppe): Führt die Intervention zusätzlich zu ihrem herkömmlichen Training durch. 11 Probanden. • Interventionsgruppe Dynamic Weight Training (DWT- Gruppe): Führt die Intervention zusätzlich zu ihrem herkömmlichen Training durch. 12 Probanden. • Kontrollgruppe (K-Gruppe): Führt isoliertes Lauftraining durch. Fünf Probanden.
Datenerhebung und Messverfahren	<p>Zu Beginn durchliefen die Probanden medizinische Tests und gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Die Datenerhebung wurde in drei Sessions durchgeführt. Diese fanden jeweils im Abstand von 48 h statt. Die drei Sessions wurden innerhalb von sieben Tagen vor der achtwöchigen Intervention und innerhalb von sieben Tagen nach der achtwöchigen Intervention durchgeführt. Nach vier Wochen Intervention wurde zusätzlich eine Zwischenmessung durchgeführt, um die Reizsetzung adäquat anzupassen. Diese Messung hatte jedoch keinen Einfluss auf die Ergebnisse oder Analysen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Session 1: Maximal Continous Graded Exercise Test: Test wurde auf dem Laufband (Quinton, Bothwell, WA, USA) zur Bestimmung der Laufökonomie (ECR) durchgeführt. Start 12 km/h für 6 min, danach Steigerung Tempo um 0.5 km/h pro Minute bis zur Erschöpfung, Geschwindigkeit der letzten durchgeführten Stufe galt als Spitzenlaufbandgeschwindigkeit (PTS). Der VO₂-Wert wurde kontinuierlich alle 15 Sekunden mittels automatischem kardiopulmonalen Übungssystem (Moxus, AEI Technologies, Naperville, IL, USA) gemessen. Gas Analysegeräte (S3A und CDA3, AEI Technologies,

	<p>Naperville, IL, USA) wurden vor jedem Test mittels bekannter Gaszusammensetzung (15% O₂ und 5% CO₂) und Umgebungsluft kalibriert.</p> <p>Während den ersten sechs Minuten des Tests wurde der VO₂-Mittelwert für die letzten beiden Minuten bestimmt. Dieser Wert wurde durch die Laufgeschwindigkeit geteilt, umso den ECR-Wert ((ml/kg) /km) zu erfassen. Der höchste VO₂-Wert über eine 15-sekündige Periode wurde als VO_{2peak}-Wert interpretiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <p><u>Session 2:</u></p> <p>Kraftgeschwindigkeitstest: Dieser Test wurde in einem geführten Kniebeugengestell (Atlantis, Laval, Quebec, Canada), welches nur vertikale Bewegungen zulässt, durchgeführt. Maximale Durchschnittsgeschwindigkeit und Kraft wurden mittels Verbindung eines Shuttles, welcher mit einem Infrarot Sensor (Musclelab, Ergotest, Norway) verbunden und an der Stange des Kniebeugengestells befestigt war, gemessen. Squats mit Zusatzgewicht (Startgewicht 10 kg, dann Steigerung um 10 kg bis Abflachung der Kraftkurve, dann 5 kg bis weitere Abflachung der Kraftkurve), vom Stand in Halbsquatposition (90° Knieflexion), vier Sekunden Pause in dieser Stellung, dann mit Gewicht so schnell wie möglich wieder in den Stand. Zwei Versuche pro Gewicht, drei Minuten Pause vor der Gewichtssteigerung. Grösste Kraftentwicklung wurde als Kraftspitze (Ppeak) in W definiert, Infrarot Sensor am Kniebeugengestell (Musclelab, Ergotest, Norway).</p> <p><u>Session 3:</u></p> <p>Countermovement Jump Test (CMJ): Test wurde im</p>
--	--

	<p>Labor durchgeführt. Sprunghöhe und Sprungzeit wurden beim CMJ ermittelt, wobei die maximale Sprunghöhe in cm als VJHpeak bezeichnet wird. Während des CMJ mussten die Hände stets seitlich der Hüften gehalten werden. Bezüglich Tiefe und Geschwindigkeit des Sprungs wurden keine spezifischen Anweisungen gegeben. Es wurden drei Versuche mit jeweils einer Minute Pause dazwischen gemacht. Der beste Versuch wurde für die weitere Analyse verwendet. Vertikale Sprunghöhe wurde über die Sprungzeit mittels kinematischer Gleichung ausgerechnet. Die Sprungzeit wurde über ein optisches Infrarotlicht-System (Optojump, Microgate, Bozano, Italy) gemessen.</p> <p>Leistungstest: 3000 m Lauf (Perf3000) in Sekunden in der Halle auf einer 200 m Laufbahn. Die Läufer wurden motiviert, ein möglichst gleichmässiges Tempo aufrecht zu erhalten und eine bestmögliche Leistung zu vollbringen. Der Mittelwert der Geschwindigkeit über 3000 m wurde berechnet und durch den PTS geteilt, um die ungefähre aerobe Ausdauer (END, in % PTS) zu definieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Körperzusammensetzungen: Körpermasse, BMI, Summe der Hautfalten (Triceps, Biceps, Supscapular und suprailiaca) wurden gemessen. Dazu sind keine genaueren Angaben vorhanden. Es ist nicht klar beschrieben, in welcher Session dies gemessen wurde. Die eben erwähnten Tests wurden in allen drei Gruppen durchgeführt.
Intervention	<p>Während der achtwöchigen Interventionsperiode absolvierten die Interventionsgruppen zusätzlich zum Lauftraining (zweimal wöchentlich Intervalltraining mit hoher Intensität, einmal wöchentlich kontinuierliches Ausdauertraining mit geringer Intensität) folgende Interventionen:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • PTr-Gruppe: Drop-Jumps und Lauftraining Ausführung: Drop-jumps von 20, 40 oder 60 cm Höhe (individuell, mittels VJHpeak gewählt). Hände mussten während dem ganzen Sprung neben der Hüfte platziert bleiben. Den Probanden wurden keine spezifischen Angaben bezüglich Tiefe oder Geschwindigkeit gegeben, die sie beim Sprung erreichen sollten. Ein Versuch wurde nur gezählt, wenn die vertikale Sprunghöhe mindestens 95% der maximalen Sprunghöhe betrug, die vor der Intervention beziehungsweise bei der Zwischenmessung nach vier Wochen der Intervention erzielt wurde. War dies nicht der Fall, musste der Sprung wiederholt werden. • DWT-Gruppe: Halbsquats mit Zusatzgewicht und Lauftraining wie PTr- und K-Gruppe. Ziel des DWT war die Verbesserung der Maximalkraft. Die Ausführung der Übungen sollte möglichst schnell sein. Ausführung: Rein konzentrische Halbsquats im Kniebeugengestell (Atlantis, Laval, Quebec, Canada), welches nur vertikale Bewegungen zulässt. Bewegung sollte so schnell wie möglich stattfinden. Das Gewicht wurde individuell angepasst und wurde mittels Ppeak ausgewählt. Den Probanden wurde ein Feedback bezüglich Kraft und Validität der Durchführung nach jeder Repetition gegeben.
Datenanalyse (statistische Verfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängige Variablen: Geschlecht: Nominalskaliert Alter: Proportionalskaliert Plyometrietraing: Nominalskaliert Dynamisches Krafttraining: Nominalskaliert

	<ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variablen: ECR: Proportionalskaliert VJHpeak: Proportionalskaliert Körpermasse: Proportionalskaliert BMI: Proportionalskaliert Hautfalten: Proportionalskaliert VO_{2max}: Proportionalskaliert End: Proportionalskaliert Ppeak: Proportionalskaliert Perf3000: Proportionalskaliert • Statistische Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> • Normalverteilung: Shapiro-Wilk-Test • Varianzhomogenität: Levene-Test • Zwei-Weg ANOVA (Zeit x Gruppe) mit mehrfacher Messung des Zeitfaktors • Mittels Bonferoni-Post-Hoc-Test wurden diverse Vergleiche durchgeführt • Die Effektgrösse (ES) wurde mittels mathematischer Gleichung ermittelt • Pearson Produktmomentkorrelation zur Erkennung der Assoziation relevanter Parameter genutzt • Signifikanzlevel: $p < 0.05$ • Alle Berechnungen wurden mittels Statistica 6.0 (Statsoft, Tulsa, USA) erstellt
Ethik	Die Studie wurde von der Research Ethics Board in Health Sciences of the University of Montreal, Canada geprüft und bestätigt.
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Perf3000: In allen Gruppen eine Verbesserung. PTr (ES= 0.46, $p < 0.05$), DWT (ES= 0.37, $p < 0.05$), K (ES= 0.20, $p < 0.05$). • 2 Way ANOVA: Interaktion zwischen Zeit und Gruppe

	<p>($p < 0.05$) und Zeiteffekt für ECR ($p < 0.01$). PTr führte zur grösseren Abnahme der ECR als DWT, ECR bei Kontrollgruppe unverändert. Post-Hoc-Test: leichte Abnahme in DWT ($ES = 0.62$, $p < 0.01$) und grosse Abnahme in PTr ($ES = 1.01$, $p < 0.01$). Keine Verbesserung bei K ($ES = 0.00$).</p> <p>Interaktion zwischen Zeit und Gruppe und einen Effekt der Zeit für Ppeak. Grosse Zunahme bei DWT ($ES = 0.98$, $p < 0.01$), kleine Zunahme bei PTr ($ES = 0.24$, $p < 0.01$). Keine Unterschiede bei K ($ES = 0.04$).</p> <p>Verbesserter Zeiteffekt bei VJHpeak: PTr ($ES = 0.52$, $p < 0.01$), DWT ($ES = 0.25$, $p < 0.01$). Keine Änderung bei K ($ES = 0.26$).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine Veränderungen: Körpermasse, BMI und Summe der Hautfalten, VO_{2max}-Werte, End.
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> • Nur männliche Teilnehmer • Krafttraining nur einmal wöchentlich, evt. könnten zwei bis drei Krafttrainings in der Woche einen deutlicheren Effekt erzielen

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 33: Zusammenfassung der Studie von Saunders et al. (2006) (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Ziel	Ziel der Studie ist das Aufzeigen des Effekts von zusätzlich zu normalem Ausdauertraining durchgeführtem PTr auf die Laufleistung bei Elitelangstreckenläufer.
Design	RCT-Design
Population/ Zielgruppe	Sehr gut trainierte Langstreckenläufer
Stichprobe, inkl. Dropouts	15 sehr gut trainierte männliche Langstreckenläufer mit Wettkampferfahrung auf nationalem Niveau. Sechs Läufer bestritten schon internationale Wettkämpfe. Die Teilnehmer

	<p>hatten alle nur eine geringe Vorgeschichte mit Krafttraining. Durchschnittliche Laufkilometer pro Woche liegen bei 107 +/- 43 km, typischerweise mit drei Intervalleinheiten, einem Langstreckenlauf mit 60-150 min, drei mittellangen Läufen von 30-60 min und drei bis sechs Einheiten 20-40 min.</p>
Studiengruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Interventionsgruppe (PTr-Gruppe) Sieben Probanden, neun Wochen, dreimal 30min Training pro Woche und Lauftraining • Kontrollgruppe (K-Gruppe) Acht Probanden, ähnliches Lauftraining wie PTr ohne zusätzliches Krafttraining, zusätzliches Dehnprogramm sowie Rumpfttraining wurden durchgeführt, damit die K-Gruppe etwa den gleichen Zeitumfang für das Training wie die PTr-Gruppe hatte
Datenerhebung und Messverfahren	<p>Messungen vor Beginn, nach fünf und nach neun Wochen Intervention</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Laufökonomie (ECR) wurde bei drei Laufgeschwindigkeiten (14, 16 und 18 km/h) für jeweils vier Minuten auf dem Laufband erhoben, wobei der VO_{2max}-Wert, Ventilation (O_2), Herzfrequenz, Schrittfrequenz sowie das Laktat gemessen wurden. Die ECR wurde als der in der letzten Minute von jeder Laufgeschwindigkeit verbrauchte VO_2-Wert definiert. Vier Minuten wurden als genügend eingestuft, um bei 18 km/h einen stabilen Wert zu erreichen. Der ganze Test betrug für jeden Läufer 12min. Zwei Minuten nach der dritten submaximalen Laufgeschwindigkeit wurde während einem inkrementellen Test, der bis zur Erschöpfung durchgeführt wurde, der VO_{2max}-Wert gemessen. Die Herzfrequenz wurde mittels Short -Range Telemetry (Polar Vantage NV, Kempele, Finland) gemessen. Kapillare

	<p>Blutstichproben wurden durch Blutabnahme am Finger mittels Autolet II (Owen Mumford Ltd. Medical Division, Oxford, England) entommen.</p> <p>Messungen auf der Kraftplatte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strength Quality Assessment Test: Vertikaler Sprung mit 9 kg Gewichtsstange, Startposition 120° Knieflexion, Absprung und Landung jeweils am gleichen Ort, die Zehen berühren den Boden zuerst. Folgende Kraft- und Zeitparameter wurden bei jedem Sprung mittels Kraftmessplatte (Kistler Quattro Jump, Winterthur, Switzerland), welche die Bodenreaktionskraft (GFR) misst, bestimmt: <ul style="list-style-type: none"> -Maximale dynamische Kraft (MDS) -Zeit die MDS zu erreichen -Zeit, bis zur maximalen Kraftentwicklung (kürzere Zeit = bessere Kraftentwicklung) -Rate der Kraftentwicklung (RFD): Kraft bei 30ms (F30ms) -Absprunzeit • Fünf-Jump-Plyometric-Test: Sechs maximal aneinandergereihte Sprünge mit gestreckten Beinen. Ziel waren ein möglichst hoher Sprung sowie möglichst kurze Bodenkontaktzeit. Sprunghöhe und Kraft wurden als Mittelwert der letzten fünf Sprünge und als Mittelwert der besten fünf Sprünge gemessen.
Intervention	<p>Die Interventionsgruppe führte ein neunwöchiges PTr zusätzlich zu dem gewohnten Lauftraining durch.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.Woche: Vertrautheit mit den diversen Übungen schaffen, nur zwei Trainingseinheiten in der ersten Woche. Ziel war die Etablierung einer guten Technik aller Teilnehmer. • Generelles: Das Training wurde entweder im Fitnessstudio oder draussen auf einer Wiese durchgeführt. Während den ersten vier Wochen wurden zwei Trainingseinheiten im

	<p>Fitnessstudio und eine draussen durchgeführt. Die letzten vier Wochen fand jeweils ein Training im Fitnessstudio und zwei Trainings draussen statt. Im Fitnessstudio wurden Übungen auf der Beinpresse mit ca. 60% 1RM, Hamstrings-Curls auf der Hydraulik Maschine, kontinuierliche Sprünge mit gestreckten Beinen, Squat-Jumps und schnelle Feet-Drills durchgeführt. Alle Übungen wurden mit schnellen exzentrisch-konzentrischen Bewegungen durchgeführt. Die Trainings draussen auf der Wiese beinhalteten alternierenden Leg Bounding, High Skipping, Einbeinsprünge, Zweibeinsprünge über Hürden und Scherensprünge.</p>
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängige Variablen: Geschlecht: Nominalskaliert Alter: Nominalskaliert Plyometrie: Nominalskaliert • Abhängige Variablen: Laufökonomie: Proportionalskaliert VO_{2max}: Proportionalskaliert VO_2: Proportionalskaliert MDS: Proportionalskaliert Laktat: Proportionalskaliert HR: Proportionalskaliert Schrittgeschwindigkeit: Proportionalskaliert $Av_{jp\ ht}$: Proportionalskaliert RFD: Proportionalskaliert F30ms: Proportionalskaliert F100ms: Proportionalskaliert Absprunzeit: Proportionalskaliert RER: Proportionalskaliert <p>Statistische Verfahren:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Datenanalyse wurde eine Varianzanalyse (Gruppe x Test x Geschwindigkeit) durchgeführt • Mittelwerte mit Standardfehlern werden graphisch dargestellt • Grösse der Variabilität wurde für jede Gruppe mit der am wenigsten signifikanten Differenz (LSD) angegeben • Signifikanzniveau $p < 0.05$ • „slopes and intercepts“ vom VO_2 vs. Laufgeschwindigkeit wurden auf Gruppenmittelwerte verglichen • Die Differenzgrösse von den Testergebnissen nach neun Wochen Intervention und vor der Intervention wurden als Effektgrössen aufgezeigt
Ethik	Es werden explizit keine ethischen Fragen von den Forschenden diskutiert und dementsprechend bleibt es unklar, ob und welche entsprechenden Massnahmen getroffen wurden. Erwähnt wird jedoch, dass die Studie von dem Australian Institute of Sport Ethics Committee genehmigt wurde.
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikant: Nach neun Wochen reduzierte sich der VO_2 - Wert signifikant in der PTr Gruppe von 4.16 ± 0.51 zu $3.99 \pm 0.46 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (4.1%, $p = .002$). • Haupteffekt: Nach neun Wochen nahm der VO_2 bei der PTr Gruppe ab und blieb bei der K-Gruppe unverändert. • Kein Effekt: PTr-Gruppe: Keine signifikanten Änderungen bezüglich ECR (VO_2 nach fünf oder neun Wochen bei 14 km/h unverändert sowie keine Veränderung nach fünf Wochen für eine Laufgeschwindigkeit von 16 km/h). Bei 16km/h erreichten die Teilnehmenden vor und nach neun Wochen Werte bezüglich VO_2 von 3.70 ± 0.49, respektive $3.56 \pm 0.48 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ($p = 0.31$). PTr und K-Gruppe: Keine signifikanten Änderungen der

	<p>Laufökonomie bei 18 km/h nach fünf Wochen.</p> <p>Nach neun Wochen blieb der VO_2 bei der K-Gruppe bei 4.19 ± 0.47 und $4.22 \pm 0.52 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ unverändert bei 18 km/h. Keine signifikante Änderung im „slope“ (in der Steigerung) von VO_2 vs. Laufgeschwindigkeit vor und nach neun Wochen Intervention, aber es wurde ein Trend eines geringeren „slope“ (einer geringeren Steigerung) des VO_2 vs. Laufgeschwindigkeit nach neun Wochen PTr-Gruppe ersichtlich. Bei Laufgeschwindigkeiten von 14 km/h in der PTr-Gruppe war die Effektgrösse unauffällig, von 16 und 18 km/h klein. Für die K-Gruppe sind die Effektgrössen aller Laufgeschwindigkeiten unauffällig. Abgesehen von einer leicht steigenden Tendenz der F30ms der PTr-Gruppe nach fünf Wochen ($p=0.07$), wurden keine Differenzen der Kraftmessungen beider Gruppen gemessen. Die durchschnittliche Kraft beim Fünf-Jump-Plyometric-Test war in der PTr-Gruppe nach der Intervention etwas höher (14.7%, $p=0.11$), die Zeit MDS zu erreichen tiefer (14.0%, $p=0.09$) als vor der Intervention. Beim Fünf-Jump-Plyometric-Test war die ES der PTr-Gruppe für die durchschnittliche Kraft klein und mittel für die Höhe. Beim Strength Quality Assessment Test war die ES klein bei der PTr-Gruppe für RFD, F100ms und Absprunzeit und mittel für die MDS Zeit. Alle ausgewählten Variablen erzielten eine unauffällige ES in der K-Gruppe.</p>
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> • Innerhalb der Intervention wurde keine Gewichts Anpassung durchgeführt • Kleine Stichprobe und nur männliche Eliteläufer • Weitere Datenerhebung möglich • Das Volumen und die Intensität der Intervention schienen nicht ausreichend, um signifikante Resultate bezüglich des Effekts des PTr aufzeigen zu können

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Anhang: Würdigung

Tabelle 34: Würdigung (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Studie / Datum	Effect of Plyometrics on the Energy Cost of Running and MHC and Titin Isoforms (Pellegrino et al., 2015)
Forschungsfrage	Ziel der Forscher war die Ermittlung des Effekts eines PTr auf die Muskelstrukturen. Hierfür untersuchten sie die Muskelproteine MHC und Titin.
Design	<p>Für eine quantitative Studie ist das RCT-Design sinnvoll. Die Probandinnen und Probanden, sowie Therapeutinnen und Therapeuten wurden in dieser Studie nicht geblindet, sodass die interne Validität, gemäss PEDro-skala, als reduziert gilt. Eine Erfüllung dieser Punkte ist im vorliegenden Fall jedoch schwierig, da es den Teilnehmenden aufgrund der durchgeführten Trainings klar ist, in welcher Vergleichsgruppe sie sich befinden.</p> <p>Die Rekrutierung der Stichprobe führte jedoch zu einer Einschränkung der externen Validität, da die Selbstselektion der Teilnehmerinnen und Teilnehmer keine zufällige Auswahl aus der Population ist. Somit können die Ergebnisse nur bedingt verallgemeinert werden.</p>
Population/ Zielgruppe	In der Forschungsfrage wurde die Population nicht definiert. Es wurden nur geübte Läuferinnen und Läufer in die Studie aufgenommen, sodass die Resultate nicht für eine allgemeine Population von Läuferinnen und Läufer verwendet werden können.
Stichprobe, inkl. Dropouts	Es wird nicht detailliert beschrieben, wie die Stichprobe zustande kam. Einzig wird erwähnt, dass die Probandinnen und Probanden von den örtlichen Laufclubs und bei den Laufveranstaltungen von Missoula, Montana USA, rekrutiert wurden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass sich

	<p>vermehrt Läuferinnen und Läufer mit Leistungsambitionen gemeldet haben. Somit ist die Stichprobe nur bedingt repräsentativ für die Zielpopulation.</p> <p>Die Stichprobengrösse ergab sich aufgrund der rekrutierten 25 Teilnehmenden. Die Stichprobengrösse kann als zu klein eingestuft werden, da keine Sample Size Calculation durchgeführt wurde. Die Dropouts (12%) werden nicht weiter begründet und beeinflussen die Ergebnisse nicht.</p> <p>Die Vergleichsgruppen wurden randomisiert erstellt. Männer und Frauen wurden mit einer geschichteten Zufallsstichprobe den jeweiligen Gruppen zugeordnet. Dieses Vorgehen erscheint bezüglich kleiner Stichprobengrösse sinnvoll. Wären die Geschlechter ungleich verteilt, hätte dies grössere Auswirkungen auf die Ergebnisse. Die Vergleichsgruppen waren zu Beginn der Intervention sehr ähnlich.</p>
Daten-erhebung	<p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar. Die Daten sind komplett und wurden bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmer gleich erhoben.</p>
Messverfahren und Intervention	<p>Die Messverfahren werden genau beschrieben. Die Messinstrumente sind zuverlässig und valide. Es werden keine möglichen Verzerrungen oder Einflüsse auf die Intervention erwähnt.</p>
Datenanalyse	<p>Die Verfahren der Datenanalyse werden klar beschrieben. Es wurde eine Group-by-time mixed-model 2x2 ANOVA für alle Messungen durchgeführt. Die abhängigen Variablen sind mindestens Intervallskaliert, was die Verwendung einer Varianzanalyse (ANOVA) rechtfertigt. Grundsätzlich wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet.</p> <p>Die statistischen Angaben erlauben eine Beurteilung. Mit einem Signifikanzniveau von $p < 0.05$ kann von signifikanten Werten gesprochen werden. Der P-Wert entspricht dem Standard einer wissenschaftlichen Arbeit und braucht nicht</p>

	weiter begründet zu werden.
Ethik	Es wird nicht explizit beschrieben, ob relevante ethische Fragen diskutiert wurden.
Ergebnisse	<p>Die Resultate werden meist differenziert und präzise dargestellt. Die wahrgenommene Anstrengung der Probandinnen und Probanden, wird als ein signifikanter Haupteffekt der Zeit angegeben. Aus dem Text geht jedoch nicht hervor, wie diese Daten erhoben wurden (z.B Fragebogen während Laufbandtest).</p> <p>Die Tabellen sind vollständig, verständlich und jeweils mit einem Titel versehen. Die Ergänzungen im Text sind nachvollziehbar.</p>
Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	Alle Resultate werden vernünftig interpretiert und im Bezug mit anderen Studien diskutiert. Häufig wird auf die Studie von Spurrs et al. (2003) verwiesen. Es könnten vermehrt explizit alternative Erklärungen beschrieben werden.
Schlussfolgerung Anwendung und Verwertung in der Praxis	<p>Die verwendeten Messparameter sowie die Datenerhebung wurden exakt beschrieben, wodurch die Messungen in einem anderen Setting wiederholt werden könnten. Weniger genau beschrieben wurde die Intervention selbst. Die Autoren verweisen auf die Studie von Spurrs et al. (2003), bemerken jedoch, dass sie Adaptionen vorgenommen haben. Die vollzogenen Veränderungen des Trainingsaufbaus werden nur umrissen und nicht genau beschrieben. Zudem wird nur die Gesamtzahl Trainings während der Intervention erwähnt, die wöchentliche Trainingsanzahl bleibt ungenannt. Die angegebene Anzahl von Sprüngen pro Trainings (60-228) lässt einen grossen Spielraum zu, wodurch die Reproduzierbarkeit leidet. Zudem kann man im Studientext keine Aufzählung der verwendeten plyometrischen Methoden finden. Die mutmasslich angewendeten Methoden müssen im Studientext von Spurrs et al. (2003) nachgelesen werden. Folglich ist ein</p>

	Transfer der Ergebnisse in die Praxis schwierig, obwohl ein positiver Effekt des PTr auf die Laufleistung aufgezeigt werden konnte. Die Angaben bezüglich Aufbau und Dosierung der Trainingseinheiten sind zu ungenau. Es besteht ein Bedarf für weitere Abklärungen in besagter Richtung, um Empfehlungen für die Praxis abgeben zu können.
--	--

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 35: Würdigung (Natascha Halbeck, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Studie / Datum	Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners (Ramirez-Campillo et al., 2013)
Forschungsfrage	Die Studie befasst sich mit dem Effekt von PTr auf die Lauf- und Explosivkraftfähigkeiten der Probandinnen und Probanden. Sie liefert wichtige Antworten auf die Bachelorarbeit-Fragestellung. Die Forschungsfrage wird klar in der Einleitung definiert. Die Hypothese der Autoren besagt, dass ein herkömmliches Krafttraining vor allem zu neuronalen Anpassungen und zur Hypertrophie der Muskulatur führt, wobei die Dichte der Mitochondrien abnimmt. Im Gegensatz dazu wird angenommen, dass ein Explosivkrafttraining vor allem eine gesteigerte Aktivierungsrate der motorischen Einheiten bringt. Dieses Training soll einen hocheffektiven neuromuskulären Stimulus bringen.
Design	Für die Forschungsfrage ist das RCT-Design nachvollziehbar und sinnvoll. Die Probandinnen und Probanden, sowie Therapeutinnen und Therapeuten wurden in dieser Studie nicht geblindet, sodass die interne Validität, gemäss PEDro-skala, als reduziert gilt. Eine Erfüllung dieser Punkte ist im vorliegenden Fall jedoch schwierig, da es den Teilnehmenden

	<p>aufgrund der durchgeführten Trainings klar ist, in welcher Vergleichsgruppe sie sich befinden.</p> <p>Die Rekrutierung der Studienteilnehmenden wird nicht näher beschrieben. Somit sollte von einem Selektionsbias ausgegangen werden, denn es handelt sich wahrscheinlich nicht um eine Zufallsstichprobe. Die Ergebnisse können nur bedingt verallgemeinert werden.</p>
Population/ Zielgruppe	Die Ergebnisse sollten nur auf sehr gut trainierte Athletinnen und Athleten übertragen werden. Es gibt keine Evidenz, dass weniger geübte Läuferinnen und Läufer im gleichen Ausmass profitieren.
Stichprobe, inkl. Dropouts	<p>Es ist nicht näher beschrieben, wie die Probandinnen und Probanden rekrutiert wurden. Initial waren es 53 Teilnehmende, jedoch wurden nur 36 in die Studie aufgenommen, diese Reduktion wird nicht genauer erklärt.</p> <p>Die Stichprobengrösse wurde mittels Sample Size Calculation ermittelt. Es wurde ein Minimum von 15 Teilnehmerinnen und Teilnehmer pro Gruppe berechnet. Die Dropouts (11%) haben keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Die Dropouts sind angegeben und werden begründet (Verletzung, Wohnortwechsel, Schwangerschaft).</p> <p>Die Vergleichsgruppen wurden mit einem Zufallsgenerator erstellt. Vor der Intervention gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.</p>
Datenerhebung	Die verwendeten Daten sind nachvollziehbar jedoch nicht vollständig. Für die Ermittlung der Laufleistung von Läuferinnen und Läufer, könnte zusätzlich der VO_{2max} , ECR und ein Laktatstufentest durchgeführt werden. Die Datenerhebung ist komplett und wurde bei allen Teilnehmenden gleich durchgeführt.
Messverfahren und Intervention	Die verwendeten Messinstrumente werden genau beschrieben und sind zuverlässig, passend und valide. Es wurden keine

	Verzerrungen oder Einflüsse auf die Intervention erwähnt.
Datenanalyse	Grundsätzlich wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet. Die abhängigen Variablen sind mindestens intervallskaliert, was die Verwendung einer Varianzanalyse (ANOVA) rechtfertigt. Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden mittels Shapiro-Wilk- und Levene-Test überprüft. Die verwendeten Tests entsprechen den Datenniveaus. Das Alpha Level liegt standardmässig bei 0.05, somit erlauben die statistischen Angaben eine Beurteilung.
Ethik	Alle Teilnehmenden unterschrieben vor der Interventionsperiode ein Formular in dem sie über potenzielle Risiken informiert wurden.
Ergebnisse	Die Ergebnisse sind präzise und nachvollziehbar. Im Text wird auf die Tabellen Bezug genommen. Die Tabellen sind nachvollziehbar und verständlich.
Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	<p>Alle Resultate werden diskutiert und die Interpretationen sind stimmig. Die PTr-Gruppe konnte ihre Laufleistung signifikant verbessern. Eine mögliche Schlussfolgerung ist der Zusammenhang dieser Veränderungen mit den neuromuskulären Anpassungen, welche durch ein PTr ausgelöst werden.</p> <p>Diese Erkenntnis wird mit weiteren Studien unterlegt (Bulbulian, Wilcox & Darabos, 1986) (Houmard, Costill, Mitchell, Park & Chenier, 1991). Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit anderen Studien (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela & Rusko, 1999) (Spurrs et al., 2003) überein, obwohl auch zweideutige Aussagen bezüglich Ausdauer- und Krafttraining vorliegen (Levin, McGuigan & Laursen, 2009). Die Autoren argumentieren, dass es diverse Limitationen in den erwähnten Studien gibt, welche zu beachten sind. Als Beispiel erwähnen sie eine Reduktion des</p>

	<p>Ausdauertrainings um 20-48% in gewissen Studien (Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari & Hakkinen, 2007) (Paavolainen, Hakkinen & Rusko, 1991). In der vorliegenden Studie konnte die Interventionsgruppe ihre 20 m Sprintleistung signifikant verbessern. Ähnliche Resultate konnten in anderen Studien gefunden werden (Paavolainen et al., 1999) (Rahimi & Behpur, 2005). Zusätzlich konnte ein signifikanter Effekt in der Interventionsgruppe betreffend Explosivkraftfähigkeiten im DVZ aufgezeigt werden. Betreffend des aktuellen Forschungsstands konnte dieser Effekt erstmalig bei kompetitiven Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer aufgezeigt werden. Eine verbesserte Explosivkraft steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit einer reduzierten Bodenkontaktzeit (Paavolainen et al., 1999).</p>
<p>Schlussfolgerung Anwendung und Verwertung in der Praxis</p>	<p>Die Ergebnisse sind für sehr gut trainierte Athletinnen und Athleten und deren Trainerinnen und Trainer nützlich und umsetzbar. Für die Verbesserung der Explosivkraftfähigkeit und folglich der Laufleistung wird ein hochintensives Plyometrietraining zusätzlich zum Lauftraining empfohlen. Die Intervention sowie alle Messparameter und -methoden sind genau beschrieben. Somit wäre es möglich, diese Studie in einem anderen Setting erneut durchzuführen.</p>

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 36: Würdigung (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Studie / Datum	Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running (Berryman et al., 2010)
Forschungsfrage	<ul style="list-style-type: none"> • Die Forschungsfrage ist zur Fragestellung dieser Arbeit passend. Die Studie will den Effekt von Plyometrie und dynamischem Krafttraining bei Langstreckenläuferinnen und -läufer analysieren. • Ziel der Studie ist die Analyse der beiden Trainingsarten Plyometrie und dynamisches Krafttraining in Bezug auf deren Effekt auf die Laufleistung. Die Laufökonomie soll ein wichtiger Faktor für die Bestimmung der Laufleistung sein. Bisherigen Studien zufolge sei Krafttraining eine der effektivsten Methoden zur Verbesserung der Laufökonomie (Saunders et al., 2006). • Andere Studien, welche Krafttraining als eine der effektivsten Methoden zur Verbesserung der Laufökonomie aufgezeigt haben, werden erwähnt. Dieses Training wird aufgrund muskulärer Hypertrophie und neuralen Adaptionen empfohlen. Resultierend wurden Krafttrainingsmethoden, welche ebenfalls neuronale Anpassungen hervorrufen, vorgeschlagen.
Design	<ul style="list-style-type: none"> • Das RCT Design ist für die Forschungsfrage nachvollziehbar, wird aber nicht explizit erwähnt. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeteilt. • Die interne Validität ist nicht ganz gegeben, da weder die Teilnehmer noch die Untersucher geblindet waren. Die externe Validität ist auch nicht vollständig gegeben. Ein Selektionsbias kann nicht ausgeschlossen werden, da die Auswahl der Teilnehmenden nicht beschrieben wird. Die

	Aussagekraft der Stichprobe ist schwierig zu bestimmen, da die Population in der Fragestellung nicht definiert wird. Da nur mittel bis gut trainierte Langstreckenläufer getestet wurden, kann keine globale Aussage auf alle Langstreckenläufer gemacht werden.
Population/ Zielgruppe	Die Ergebnisse können grundsätzlich auf alle männlichen Langstreckenläufer, mit ähnlichen Voraussetzungen wie jene Probanden (bez. Trainingsstatus etc.) übertragen werden.
Stichprobe, inkl. Dropouts	<ul style="list-style-type: none"> • Die Stichprobenziehung ist für das Design passend • Die Stichprobe ist für männliche mittel bis gut trainierte Langstreckenläufer repräsentativ, jedoch nicht für Frauen oder weniger beziehungsweise sehr gut trainierte Langstreckenläuferinnen und -läufer • Es wurde keine Sample Size Calculation durchgeführt, sodass die Stichprobengrösse nicht zwingend angemessen ist. Die Dropouts werden erwähnt und nicht in die Ergebnisse miteingeschlossen • Die Vergleichsgruppe wurde aus derselben Population erstellt und ist ähnlich wie die beiden Interventionsgruppen • Sieben Dropouts werden aufgrund von Krankheit (n=1) oder Verletzung (n=4) ausserhalb des Krafttrainings sowie mangelnder Motivation (n=2) angegeben
Datenerhebung	<ul style="list-style-type: none"> • Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar. Es werden relevante Parameter in Bezug zur Fragestellung erhoben • Die Methoden der Datenerhebung sind bei allen Teilnehmern gleich • Die Daten sind komplett und von allen Teilnehmern erhoben
Messverfahren und Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Die Reliabilität der Messinstrumente ist gegeben. Es werden Angaben über die Messgenauigkeit der Messinstrumente gemacht. Das Messgerät für den Sauerstoffwert besass

	<p>eine Genauigkeit von $\pm 0.003\%$ und für CO₂ $\pm 0.02\%$. Die Genauigkeit der Messgeschwindigkeit bei dem Kniebeugengestell betrug zehn Mikrosekunden. Die vertikale Sprunghöhe wurde mit einem Infrarotlicht-System gemessen, welches eine Messgenauigkeit von einer Mikrosekunde aufwies</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Messinstrumente sind valide • Die Auswahl der Messinstrumente ist nachvollziehbar • Es sind keine möglichen Verzerrungen oder Einflüsse der Messinstrumente erwähnt • Nach vier Wochen Intervention wurde eine Zwischenmessung durchgeführt. So konnte das Gewicht adäquat angepasst werden
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verfahren der Datenanalyse werden klar beschrieben • Die statistischen Analysen wurden sinnvoll und korrekt durchgeführt • Die abhängigen Variablen sind mindestens intervallskaliert, was die Verwendung einer Varianzanalyse (ANOVA) rechtfertigt • Das Signifikanzniveau von $p < 0.05$ lässt eine Beurteilung über signifikante Werte, beziehungsweise den signifikanten Effekt der verschiedenen Trainings, zu • Die Höhe des Signifikanzniveaus ist beschrieben, jedoch nicht begründet. Ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ ist angemessen. Bei gewissen Resultaten liegt es sogar bei $p < 0.01$
Ethik	<p>Die Studie wurde von der Research Ethics Board in Health Sciences of the University of Montreal, Canada geprüft und bestätigt. Es werden keine näheren Angaben dazu gemacht</p>
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse sind präzise und werden in Tabellen vollständig dargestellt • Die Tabellen wurden alle beschriftet, sind präzise und

	stellen eine Ergänzung zum Text dar
Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Es werden alle Resultate diskutiert • Die Interpretation stimmt mit den Resultaten überein • Die Ergebnisse der Studie konnten die Hypothesen der Autoren teilweise bestätigen. Die PTr Gruppe konnte in der Laufökonomie ein besseres Resultat erzielen als die DWT-Gruppe. Jedoch konnte kein Zusammenhang zwischen der Energiespeicherung und -abgabe beim DVZ erwiesen werden. Es wurden keine Korrelationen zwischen den veränderten Sprunghöhen und der Laufökonomie gefunden. Es wird auf Ergebnisse anderer Studien hingewiesen. • Alternative Erklärungen der veränderten Ergebnisse werden nicht besprochen
Schlussfolgerung Anwendung und Verwertung in der Praxis	<ul style="list-style-type: none"> • Diese Studie ist sinnvoll und für die Forschungsfrage angepasst. Zusätzlich unterstützt sie das Potenzial dieser Forschungsfrage und auch die Autoren empfehlen weitere Studien zu diesem Thema. Das PTr als auch das DWT können in derselben Form wie in der Studie durchgeführt in der Praxis angewandt werden. Ein erweitertes Training oder genauere Angaben zur Anwendung in der Praxis könnte durch weitere Studien bekräftigt werden • Es wäre möglich, diese Studie in einem anderen klinischen Setting beziehungsweise mit einer anderen Gruppe von Langstreckenläuferinnen und -läufern durchzuführen

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005)

Tabelle 37: Würdigung (Sara Schultze, 2018, erstellt auf Basis von Quantitatives Forschungsdesign: AICA Leitfragen*)

Studie / Datum	Short-Term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners (Saunders et al., 2006)
Forschungsfrage	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studie und deren Forschungsfrage ist zur Fragestellung dieser Arbeit passend. • Die Forschungsfrage wird nicht klar als Frage formuliert, dennoch lässt sich aus den Aussagen bezüglich des Ziels der Studie die Forschungsfrage herleiten. Die in der Einleitung erwähnten Hypothesen werden mit passender Literatur untermauert. • Das Thema wird im Kontext dargestellt und es wird auf bereits vorhandene Studien verwiesen.
Design	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design ist logisch und nachvollziehbar. • Die externe Validität ist nicht ganz gegeben, da die Rekrutierung der Teilnehmenden nicht beschrieben wurde. Ein Selektionsbias ist nicht ganz auszuschliessen. Zudem wurden nur männliche Teilnehmer für die Studie ausgewählt. Die Stichprobe ist somit nicht für alle Läuferinnen und Läufer repräsentativ. Sie lässt sich ausserdem nur auf Läufer mit hohem Niveau übertragen. Die interne Validität ist zu 50% gegeben (PEDro 2-9), da weder die Untersucherinnen und Untersucher noch die Teilnehmer geblindet waren. Zudem könnten die erzielten Ergebnisse auch durch andere Faktoren wie beispielsweise die Ernährung, welche in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden, beeinflusst worden sein.
Population/ Zielgruppe	<ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse können prinzipiell auf alle sehr gut trainierte Langstreckenläufer übertragen werden.

Stichprobe, inkl. Dropouts	<ul style="list-style-type: none"> • Die Stichprobe ist zum Teil für die Zielpopulation repräsentativ. Es könnten zusätzlich Frauen sowie Langstreckenläuferinnen und -läufer anderer Laufniveaus miteinbezogen werden • Die Stichprobengrösse ist für diese Studie klein. In der Interventionsgruppe sind es sieben Athleten, was die Aussage auf eine grössere Population erschwert. Die Stichprobengrösse wird zudem nicht explizit begründet. Dropouts werden nicht erwähnt, sodass keine gezielte Aussage darüber gemacht werden kann • Die Probanden wurden zuerst betreffend ihres Leistungslevels sowie ihrer Vorgeschichte mit Krafttraining aufgeteilt, um danach randomisiert den beiden Gruppen zugeteilt zu werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Kontrollgruppe zu Beginn mit der Interventionsgruppe vergleichbar war
Datenerhebung	<ul style="list-style-type: none"> • Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar und passend • Die Methoden der Datenerhebung sind bei allen Teilnehmern gleich • Die Daten sind komplett, das heisst von allen Teilnehmern erhoben
Messverfahren und Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Es wird keine Aussage über die Reliabilität der Messinstrumente gemacht. Sie scheinen aber reliabel zu sein • Die Validität der Messinstrumente ist gegeben • Die Auswahl der Messinstrumente wird beschrieben und ist nachvollziehbar • Es sind keine möglichen Verzerrungen oder Einflüsse auf die Intervention erwähnt
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verfahren der Datenanalyse werden klar beschrieben

	<ul style="list-style-type: none"> • Die statistischen Verfahren werden sinnvoll angewendet • Die verwendeten statistischen Tests entsprechen den Datenniveaus • Die statistischen Angaben erlauben aufgrund des Signifikanzniveaus eine Beurteilung • Die Höhe des Signifikanzniveaus ist nachvollziehbar und logisch, aber nicht begründet
Ethik	Es werden keine ethischen Fragen ausdrücklich diskutiert oder entsprechende Massnahmen erwähnt Lediglich bekannt ist, dass das Australian Institute of Sport Ethics Committee die Studie genehmigt hat
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse sind präzise • Es werden Tabellen und Grafiken zur Darstellung der Ergebnisse verwendet. Die Tabellen werden beschrieben als auch im Text erwähnt und bilden eine Ergänzung zum Text
Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Es werden alle Resultate diskutiert. • Die Interpretation stimmt mit den Resultaten überein. • Die Resultate werden in Bezug auf die Fragestellung und Hypothesen diskutiert. Gemäss den Autorinnen und Autoren hat zuvor keine andere Studie eine verbesserte Laufökonomie durch PTr bewirken können. Es werden Ergebnisse anderer Studien erwähnt. • Die Autorinnen und Autoren diskutieren verbesserte Laufmechanismen, welche durch das PTr hervorgerufen wurden, als andere plausible Erklärung zur verbesserten Laufökonomie.
Schlussfolgerung Anwendung und Verwertung in der Praxis	Diese Studie ist insofern sinnvoll, da wenig empirische Trainingsmethoden zur Verbesserung der Laufökonomie von Langstreckenläuferinnen und -läufern bestehen, obwohl im Gebiet der Laufökonomie viel Forschungsmaterial vorliegt. Es werden nicht explizit Stärken und Schwächen aufgewogen,

	<p>jedoch wird eine Empfehlung zur weiteren Untersuchung von intensiverem PTr abgegeben.</p> <p>Die Ergebnisse sind in der Praxis für Elitelangstreckenläufer umsetzbar. Vermutlich könnten auch Elitelangstreckenläuferinnen von diesem Training profitieren. Zudem würde wahrscheinlich nicht nur die Laufökonomie, sondern auch die Kraft, Lauftechnik sowie Bodenkontaktzeit durch das PTr positiv beeinflusst werden. Es wäre möglich, diese Studie in einem anderen klinischen Setting zu wiederholen, respektive zu erweitern oder vertiefen</p>
--	---

* Leitfragen basierend auf: (LoBiondo-Wood & Haber, 2005 und Burns & Grove, 2005

Anhang: Intervention Spurrs et al. (2003)

In der sechswöchigen Intervention wurde während der ersten drei Wochen zweimal wöchentlich und während der letzten drei Wochen dreimal wöchentlich trainiert. Das Training beinhaltete verschiedene horizontale und vertikale Sprünge. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden aufgefordert, bei den Übungen maximalen Einsatz zu leisten und die Bodenkontaktzeit so minimal wie möglich zu halten.

Trainiert wurde mit unterschiedlichen Trainingselementen und die Dosierung wurde progressiv gesteigert. Vor jedem Training wurde ein 20-minütiges dynamisches Aufwärmen mittels Schwingen der Beine, kleine Hüpfen aus den Sprunggelenken, Elemente des Lauf-ABC und statischem Dehnen durchgeführt. In der Tabelle 38 sind die verwendeten Trainingselemente und Dosierungen ersichtlich.

Tabelle 38: Interventionsaufbau (Spurrs et al., 2003)

6 Wochen Plyometrietaining (z.B. 2x10 = zwei Serien an 10 Wiederholungen)									
Woche/ Training	Squat Jump	Split Scissor Jump	Double Leg Bound	Alternate Leg Bound	Single Leg Forward Hop	Depth Jump	Double Leg Hurdle Jump	Single Leg Hurdle Hop	Total
1/1	2x10	2x10	2x10						60
1/2	2x10	2x10	2x10						60
2/1	2x10	2x10	2x10	2x10					100
2/2	2x10	2x10	2x10	2x10					100
3/1		2x12	2x12	2x12	2x10				136
3/2		2x12	2x12	2x12	2x10				136
4/1			3x10	3x10	2x12	2x6			150
4/2			3x10	3x10	2x12	2x6			150
4/3			3x10	2x15	3x10	2x8			156
5/1				2x15		2x8	2x10	2x10	136
5/2				3x15		2x10	2x10	2x10	170
5/3				3x15		2x10	2x10	2x10	170
6/1					3x10	3x10	3x10	3x10	180
6/2					2x15	3x10	3x10	3x10	180
6/3					2x15	3x10	3x10	3x10	180

